



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Milla Hyvärinen

Generatiivinen tekoäly apuvälineenä pirullisten ongelmien käsittelyssä

Johtamisen akateeminen yksikkö
Pro gradu -tutkielma
Sosiaali- ja terveyshallintotieteen maisteriohjelma

Vaasa 2024

VAASAN YLIOPISTO**Johtamisen akateeminen yksikkö**

Tekijä:	Milla Hyvärinen		
Tutkielman nimi:	Generatiivinen tekoäly apuvälineenä pirullisten ongelmien käsittelyssä		
Tutkinto:	Hallintotieteiden maisteri		
Oppiaine:	Sosiaali- ja terveyshallintotiede		
Työn ohjaaja:	Juha Lindell		
Valmistumisvuosi:	2024	Sivumäärä:	95

TIIVISTELMÄ:

Generatiivisten tekoälysovellusten lakkaamattoman kehityksen vuoksi ne ovat tiivis osa arkea ja niiden hyödyntämispotentiaali laajenee päätöstenteko- ja analyysitilanteisiin, joita yhteiskunnassa esiintyvien monitulkintaisten pirullisten ongelmien käsitteleminen sisältää. Generatiiviset tekoälysovellukset toteuttavat nopeaa, väsymätöntä ja älykästä koneen suorittamaa laskentaa hyödyntäen sille syötettyä valtavaa datamäärää. Ne kykenevät aktiiviseen keskusteluun, oppimaan vuorovaikutuksesta ja tuottamaan tekstiä vaaditusta aiheesta, mutta niiden hyödyntäminen sisältää myös riskejä. Päättymättömät pirulliset ongelmat ovat vaikeasti tunnistettavissa ja ratkaistavissa, koska subjektiivinen kokemus vaikuttaa siihen, millaiseksi pirullinen ongelma ja sen ratkaisu koetaan. Tämän takia niihin ei voi löytää oikeaa tai väärää ratkaisua loputtomien vaihtoehtojen joukosta. Pirullisen ongelman kompleksinen luonne haastaa niiden käsittelijöitä, eivätkä vanhat ongelmanratkaisumenetelmät tue niiden ratkaisemista. Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu tutkimusaukon mukaisesti voiko generatiivinen tekoäly tukea pirullisten ongelmien käsittelyä.

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää millaisten roolien kautta generatiivinen tekoäly voi tukea pirullisten ongelmien käsittelyä ja millaisia haasteita se tuo siihen mukanaan. Tutkimus on toteutettu kvalitatiivisena tutkimuksena traditionaalisen kirjallisuuskatsauksen menetelmällä, koska menetelmä tukee erityisen hyvin uudenlaisen näkökulman tarkastelua. Tutkimuksen aineisto koostuu seitsemästätoista (17) kansainvälisestä vertaisarvioidusta artikkelista. Teoriaohjaavan sisällönanalyysin avulla aineistosta on löytynyt viisi generatiivisen tekoälyn roolia tuke-
massa pirullisten ongelmien käsittelyä ja viisi haastetta, jotka generatiivinen tekoäly tuo mukanaan pirullisten ongelmien käsittelyyn.

Tulosten mukaan generatiivinen tekoäly osaa toimia ihmisen avustajana pirullisten ongelmien käsittelyssä ajanvapauttajana, luovuuden lähteenä ja väsymättömänä tietopankkina. Generatiivisen tekoälyn avulla saavutetaan laajempi pirullisen ongelman käsittelyprosessi, mikä päättyy vasta ulkoisten resurssien loppuessa. Tulosten mukaan generatiivinen tekoäly kohtaa myös haasteita pirullisten ongelmien parissa, koska se sopii parhaiten selkeiden kesyjien ongelmien käsittelyyn. Tämä johtuu generatiivisen tekoälyn tavasta pilkkoa ongelmat osiin ja siitä, että sillä ei ole yhteyttä todelliseen maailmaan, minkä takia se ei välitä tulosten seuraamuksista. Pirullisen ongelman kohdalla toteutettu ratkaisu muuttaa ongelmaa ja ratkaisun aiheuttamista seurauksista oppiminen on tärkeää, mutta generatiivinen tekoäly heikentää oppimisen mahdollisuutta sen vaikeaselkoisen toiminnan vuoksi. Tämä johtaa ihmisen osaamisen heikkenemiseen monitulkintaisten pirullisten ongelmien ratkaisemisessa. Generatiivinen tekoäly voi toimia ihmisen avustajana, mutta se ei korvaa ihmisen tekemiä päätöksiä pirullisten ongelmien käsittelyssä.

AVAINSANAT: Pirullinen ongelma, ilkeä ongelma, viheliäinen ongelma, generatiivinen tekoäly, tekoäly, neuroverkot, syväoppiminen.

Sisällys

1	Johdanto	6
1.1	Tutkimuksen tausta	6
1.2	Tutkimuksen tavoitteet	8
1.3	Tutkimuksen rakenne	9
2	Pirullinen ongelma	10
2.1	Erilaisia ongelmatyyppejä	12
2.2	Pirullisen ongelman piirteet	14
2.3	Pirullisen ongelman ratkaiseminen	17
3	Tekoäly ja generatiivinen tekoäly	29
3.1	Tekoäly	30
3.1.1	Koneoppiminen	33
3.1.2	Neuroverkot	34
3.1.3	Syväoppiminen	37
3.2	Generatiivinen tekoäly	39
3.3	Tekoälyyn liitettyjä haasteita ja ongelmia	43
3.4	Yhteenveto	45
4	Tutkimusmenetelmät ja aineiston kerääminen	47
4.1	Tutkimuksen lähtökohdat	47
4.2	Traditionaalinen kirjallisuuskatsaus	49
4.3	Aineiston kerääminen	52
4.4	Teoriaohjaava sisällönanalyysi ja sen eteneminen	55
5	Generatiivisen tekoälyn mahdollisuudet ja haasteet pirullisten ongelmien käsittelemisessä	58
5.1	Generatiivisen tekoälyn roolit tukemassa pirullisten ongelmien käsittelyä	58
5.2	Generatiivisen tekoälyn käyttämiseen liittyvät haasteet pirullisten ongelmien käsittelyssä	66
6	Johtopäätökset	74

7	Luotettavuus ja pohdinta	80
7.1	Luotettavuus ja eettisyys	80
7.2	Pohdinta ja jatkotutkimusaiheet	84
	Lähteet	87

Kuviot

- Kuvio 1.** Generatiivisen tekoälyn sijoittuminen tekoälyn kenttään. 29
- Kuvio 2.** Esimerkki aineistoanalyysistä yhdestä esille nousseesta pääluokasta. 57
- Kuvio 3.** Viisi generatiivisen tekoälyn roolia tukemassa pirullisten ongelmien käsittelyä. 58
- Kuvio 4.** Generatiivisen tekoälyn viisi haastetta pirullisten ongelmien käsittelyssä. 66

Taulukot

- Taulukko 1.** Pirullisen ongelman ratkaisemiseen vaikuttavat generatiivisen tekoälyn roolit ja haasteet tarkasteltuna Conklinin (2006) kuuden pirullisen ongelman piirteen kautta. 77

Lyhenteet

GAN Generative Adversarial Networks eli generatiivinen kilpaileva verkosto

GPT Generative Pre-trained Transformer -tekniikka eli generatiivinen esiopetusta ja muuntajia hyödyntävä -tekniikka

1 Johdanto

Pelottaako tekoäly vai näetkö sen toimivana työkaluna arkipäiväisessä työskentelyssä? Tekoälysovellukset kehittyvät jatkuvasti ja generatiivinen tekoäly tulee osaksi arkipäiväistä elämäämme. Mazurovan (2022, s. 52) mukaan tekoälysovellusten hyödyntäminen oman ajattelun ohella päätöksenteko- ja analyysitilanteissa on lisääntymässä eri aloilla nopeasti. Jo vuosikymmeniä sitten yhteiskunnassa on esiintynyt itsepintaisempia ongelmatilanteita (Rittel & Webber, 1973, s. 156). Joksimovicin ja muiden (2023, s. 1) mukaan edelleen syntyvät ongelmatilanteet kehittyvät kompleksisimmiksi ja vaikeammin ratkaistaviksi yhteiskunnan jatkuvan verkostoitumisen myötä. He korostavat itsepintaisten ja vaikeasti ratkaistavien ongelmatilanteiden yleistymisen lisäävän tarvetta vivahteikkaalle ymmärrykselle ongelmien käsittelemisestä ja taidoille kohdata haasteita. Pirullisten ongelmatilanteiden ratkaiseminen haastaa arkipäiväistä työskentelyä ja Joksimovicin ja muiden (2023, s. 2, 9) mukaan tekoälyn kehittynein tutkimusalue keskittyy monimutkaisten ongelmanratkaisuprosessien tukemiseen kuten lääketieteellisten päätösten tekemiseen. Heidän mukaansa toistaiseksi ei olla keskitytty ihmisen ja tekoälyn yhteistyön sujuvoittamiseen pirullisten ongelmien ratkaisemisessa. Tao ja Xu (2023, s. 1) muistuttavat generatiivisen tekoälyn luovan mahdollisuuksia pirullisten ongelmien ratkaisemiseen, jota kehittyneimmätkään analyysimenetelmät eivät tue (Murphy & Jones, 2021, s. 62).

1.1 Tutkimuksen tausta

Organisaatioissa esiintyy runsaasti pirullisia ongelmia (Lehto, 2014, s. 4) ja ne ovat jatkuvasti läsnä. Bannink ja muut (2024) perustelevat pirullisten ongelmien kuuluvan arkipäiväämme, koska maailmassa ei ole yhteisiä arvoja ja näkemyksiä, mikä synnyttää monitulkintaisuutta. Rittelin ja Webberin (1973, s. 155, 160) mukaan pirulliset ongelmat näyttyvät sosiaalisessa kontekstissa kuten työpaikoilla, eikä niitä voida koskaan ratkaista lopullisesti. Heidän mukaansa niitä käsitellään toistuvasti, koska ongelmasta paljastuu jatkuvasti uutta tietoa. Tunnettuja esimerkkejä pirullisista ongelmista ovat ilmastonmuutos ja palveluiden tasapuolinen järjestäminen, jotka muuttavat muotoaan jatkuvasti eikä

niihin ole löydettävissä vain yhtä selkeää ratkaisua (Lundström ja Mäenpää, 2020, luku 2; Virkkala ja muut, 2014, s. 130–137). Pirulliseen ongelmaan ei ole löydettävissä oikeaa tai väärää ratkaisua, koska jokainen tarkastelee sitä omasta arvomaailmastaan (Conklin, 2006, s. 15). Pirullisten ongelmien epävakaan ja elastisen luonteen vuoksi niiden käsittelemisen voi olla turhauttavaa (Pretorius, 2017, s. 191) ja kaikki saatavilla oleva apu on tarpeen. Tutkielman tarkoituksena on löytyneen tutkimusaukon mukaisesti selvittää traditionaalisen kirjallisuuskatsauksen menetelmällä, voidaanko generatiivista tekoälyä hyödyntää arkea haastavien pirullisten ongelmien käsittelyssä. Pirullisten ongelmien kanssa painiskelevia henkilöitä eivät hyödytä vuosikymmeniä vanhat päätöstenteon tutkimenetelmät (Mackenzie ja muut, 2006, s. 156) eivätkä uudemmat työkalut tue riittävästi pirullisten ongelmien ratkaisemista (Murphy & Jones, 2021, s. 62), joten on perusteltua arvioida voiko nykytekniikan avulla saavuttaa jotain uutta.

Tekoäly on looginen tietoa tietokoneen muistiin syöttävä menetelmä (McCarthy, 1959, s. 1) ja se haastaa työskentelyä ja päätöksentekoa (Holtel, 2016, s. 172). Tekoälyllä tavoitellaan käyttökelpoisempia tietokoneita, jotka ovat älykkäitä, mutta älykkään tietokoneen määrittelemisen on vaikeaa tekoälyn jatkuvan kehityksen vuoksi (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 5–9, 17). Holtel (2016, s. 172) muistuttaa, että tämän älykkään tietokoneen eli tekoälyn ymmärtäminen ja sen osaava käyttäminen tukevat haasteiden kohtaamisessa. Tällä hetkellä on olemassa heikkoa tekoälyä, jolta puuttuu itsetietoisuus, ja se kykenee ratkaisemaan vain sille opetettuja ongelmia valitussa sovelluksessa ja sen älykkyys on kaukana ihmisen älykkyudesta (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 19–20).

Myös generatiivinen tekoäly on heikkoa tekoälyä, mutta sillä on etunsa, koska sille syötetään massiivista määrää tietoa (Jovanović & Campbell, 2022, s. 110), jota ihminen ei pystyisi omaksumaan. Generatiivinen tekoäly on hyvä prosessoimaan, erottelemaan ja etsimään tietoa nopeasti valtavasta tietomäärästä (Pavlik, 2023, s. 92), jota osaava käyttäjä tarvitsee (Oermann & Kondziolka, 2023, s. 666). Se on myös hyvä toimimaan keskustelutehtävissä (Wu ja muut, 2023, s. 1122). Generatiivista tekoälyä hyödyntävät sovellukset herättävät mielenkiintoa laajasti ja niiden hyödyntämispotentiaalia pohditaan

jatkuvasti unohtamatta niihin liittyviä riskejä ja eettisiä ongelmia. Generatiivisen tekoälyn monipuolisten piirteiden vuoksi sitä voidaan soveltaa erilaisiin tilanteisiin, joten mahdollisuuksia pirullisten ongelmien käsittelyyn on olemassa. Mazurova (2022, s. 11) muistuttaa, että tekoälysovellusten käyttäminen voi tehostaa työprosesseja, mutta samalla sen käyttö on täynnä epävarmuutta ja monitulkintaisuutta. Generatiivisen tekoälyn hyödyllisyyden ja realistisuuden arvioiminen oikean maailman kannalta on haastavaa (Jovanović & Campbell, 2022, s. 109). Lundström ja Mäenpää (2020, luku 2) uskovat, että uusi teknologia voi auttaa helpottamaan ongelmanratkaisun kehittämistä kaikista vaikeimpienkin ilmiöiden kohdalla. Tekoäly integroituu tiiviimmin teknologiaan, mikä parantaa sovellusten mukautumista uusiin asioihin (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 223) ja siksi on tarpeellista tarkastella sen sopeutumista pirullisten ongelmien ratkaisemisen kontekstiin.

Alustavan tiedonhaun perusteella on niukasti tarjolla tietoa generatiivisen tekoälyn hyödyntämisestä pirullisten ongelmien kontekstissa. Havaitun tutkimusaukon perusteella voidaan teoreettisesti perustella valitun tutkimusnäkökulman tarpeellisuus (Juuti & Puusa, 2020a, Johdanto). Tutkimusaukon lisäksi valintaa tukemassa ovat muun muassa Robertsin (2000, s. 1), Mackenzien ja muiden (2006, 156) sekä Murphyn ja Jonesin (2021, s. 62) näkemykset, joiden mukaan pirullinen ongelma ei ole ratkaistavissa kehittyneimmilläkään analyysimenetelmillä, joten on perusteltua tutkia, voiko niiden käsittelyä helpottaa generatiivisella tekoälyllä.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella traditionaalisella kirjallisuuskatsauksen menetelmällä voivatko generatiiviset tekoälysovellukset olla tukemassa työskentelyä käsitellessä ja ratkaistaessa pirullista ongelmaa. Tutkimuksen aineisto koostuu seitsemästätoista (17) vertaisarvioidusta artikkelista. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, millainen rooli generatiivisella tekoälysovelluksella voi olla pirullisten ongelmien käsittelyssä.

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Millaisten roolien kautta generatiivinen tekoäly voi tukea pirullisten ongelmien käsittelyä?
2. Millaisia haasteita generatiivisen tekoälyn käyttämiseen liittyy pirullisten ongelmien käsittelyssä?

Vilkan (2023, luku 1.1.3) mukaan tutkimuksen kohderyhmän määrittäminen on tärkeää, koska se auttaa tekemään tavoitteellisia valintoja kohdennetulle ihmisjoukolla. Tämän tutkimuksen kohderyhmänä ovat eri alojen ammattilaiset, jotka miettivät tekoälyn hyödyntämispotentiaalia työskentelyssä. Erityisesti tutkimukseen kannattaa paneutua, mikäli kaipaa luovia käsittelykeinoja pirullisille ongelmille. Lisäksi tutkimukseen voivat syventyä kaikki tekoälystä tai pirullisista ongelmista yleisesti kiinnostuneet.

1.3 Tutkimuksen rakenne

Luvussa yksi taustoitetaan tutkimuksen tarve, määritellään tavoitteet ja asetetaan tutkimuskysymykset. Tämän jälkeen luvuissa kaksi ja kolme kuvataan teoreettinen viitekehys keskeisten käsitteiden kautta pitäen tutkimuskysymykset mielessä, mikä on kvalitatiivisessa tutkimuksessa välttämätöntä Tuomen ja Sarajärven (2002/2018, luku 1) mukaan. Heidän mukaansa teoreettista viitekehystä täydentävät tutkimuksen metodologiset valinnat, jotka kuvataan teoreettisen viitekehysten jälkeen luvussa neljä. Luvussa neljä kuvataan aineistonkeruu ja siihen vaikuttaneet tekijät sekä valittu analyysimenetelmä eli teoriaohjaava sisällönanalyysi ja sen eteneminen. Analyysiprosessin avaamisen jälkeen luvussa viisi nostetaan esille analyysin tulokset vastaten tutkimuskysymyksiin tarkastellen tuloksia teoreettisen viitekehysten kautta. Tämän jälkeen luvussa kuusi esitetään johtopäätöksiä palaten tutkimuskysymysten tarkasteluun. Viimeiseksi luvussa seitsemän arvioidaan toteutetun tutkimuksen luotettavuutta, eettisyyttä ja pohditaan jatkotutkimusaiheita.

2 Pirullinen ongelma

Pirullinen ongelma (*wicked problem*) on aggressiivinen, vaikea, ilkeä ja hankala ilmiö, luonnehtivat sen kehittäjät, Horst Rittel ja Melvin Webber, klassikkoartikkelissaan ”Dilemmas in a General Theory of Planning”, josta käsite on levinnyt laajaan tietoisuuteen. Kuusi vuotta ennen artikkelin julkaisua, eli vuonna 1967, Rittel nosti pirullisen ongelman -käsitteen päivänvaloon ensimmäisen kerran Kaliforniassa (Lundström & Mäenpää, 2020, luku 2). Pirullisella ongelmalla tarkoitetaan monitahoista ja vaikeasti tulkittavaa ongelmaa, jolle ei ole olemassa oikeaa tai väärää ratkaisua ja sen lopullinen ratkaiseminen yksiselitteisesti on mahdotonta (Rittel & Webber, 1973, s. 161–164). Pirullisen ongelman haastavan luonteen vuoksi Grint (2005, s. 1473) huomauttaa, että siihen liittyy valtavasti epävarmuutta, etenkin jos sitä ei osata kohdata oikein. Jos pirulliseen ongelmaan ei osata suhtautua oikein, epävarmuutta lisääväksi tekijäksi voidaan ajatella esimerkiksi, että pirullinen ongelma ei koskaan lakkaa olemasta (Lehto, 2014, s. 4; Rittel & Webber, 1973, s. 162).

Pirullisten ongelmien syntymistä ei voida Lehdon (2014, s. 4) mukaan estää ja monitulkintaisuuden vuoksi niitä on vaikea tunnistaa, ymmärtää (Lindell ja muut, 2014, s. 86) ja määrittellä (Vartiainen ja muut, 2013, s. 11, 31). Pirullisen ongelman vaikea määrittelyminen, tunnistaminen ja ymmärtäminen johtuu sen erittäin elinvoimaisesta luonteesta ja siitä, kun pirullinen ongelma voidaan nähdä pirstaleisena kokonaisuutena (Vartiainen ja muut, 2013, s. 11, 31). Weber ja Khademian (2008, s. 336) väittävät jopa, että pirulliselle ongelmalle ei voida tunnistaa rakennetta lainkaan. Heidän mukaansa rakenteen puuttuminen mahdollistaa joustavuuden pirullisen ongelman käsittelyssä, mikä on myönteinen piirre, koska Vartiaisen ja muiden (2013, s. 11) sekä Lehdon (2014, s. 4) mukaan pirullinen ongelma muuttuu jatkuvasti. Jatkuvasti muuttuvan luonteen vuoksi pirullista ongelmaa on mahdotonta käsitellä jäykkyyden periaatteella.

Lindellin ja muiden (2014, s. 86) mukaan pirullinen ongelma kasautuu laajaksi monitahoiseksi kokonaisuudeksi, jonka muodostumista he vertaavat lumipallon pyörittämiseen. Loputtoman mäen huipulta alas pyörimään laitettu lumipallo kerää mukaansa jatkuvasti

uutta massaa ja lumipallo kasvaa kasvamistaan. Tätä pirullisen ongelman monitahoisuutta kuvaa Vartiainen ja muiden (2013, s. 24) esille nostama ajatus, että pirullinen ongelma muodostuu osaongelmista, jotka voidaan lumipallovertauskuvassa nähdä erillisinä mukaan tarttuneina lumikokkareina. Osaongelmat muodostavat toisiinsa kietoutuneen viihdyn, eli jättimäisen lumipallon, ja jokainen vyyhdin osa ja niiden vaikutukset kokonaisuuteen on huomioitava tarkasteltaessa pirullista ongelmaa.

Weberin ja Khademian (2008, s. 336) mukaan toisiinsa kytkeytyneet osaongelmat ulottuvat useisiin tasoihin ja konteksteihin leikaten läpi hierarkian. Esimerkiksi sosiaali- ja terveysala on täynnä pirullisia ongelmia, koska toimiala on laaja, eri ammattiryhmien toimijoita on useita, tarjotut palvelut ovat monipuolisia ja alan toiminnan kehittäminen on sidoksissa suomalaiseen hyvinvointipolitiikkaan (Lindell ja muut, 2014, s. 86). Rittel ja Webber (1973, s. 165) väittävät, että mikään ei pysty kilpailemaan pirullisen ongelman luonnollisen kompleksisen perustan kanssa. Kompleksisuus tarkoittaa tarkasteltavan kohteen monitulkintaisuutta, monimutkaisuutta (Vartiainen ja muut, 2013, s. 51) ja yhteenkietoutumista (Gell-Mann, 1996, s. 3), mitkä kuvaavat hyvin pirullisen ongelman luonnetta (Vartiainen ja muut, 2013, s. 52). Lisäksi kompleksisuus kuvaa kohteen kykyä muuttua ja sopeutua ympäröiviin tekijöihin (Gell-Mann, 1995, s. 17; Tieteen termipankki, 2024). Rittel ja Webber (1973, s. 165) tarkentavat, että mitä syvemmillä ja korkeammalla tasolla pirullinen ongelma on muodostunut, sitä laajempi ja yleisempi siitä tulee, ja sitä vaikeampi sitä on käsitellä sen voimistuneen kompleksisuuden vuoksi.

Edellä mainitussa sosiaali- ja terveysalaan liittyvässä esimerkissä jokainen konteksti ja taso tuovat mukanaan omanlaisensa näkökulman kulloinkin esillä olevaan pirulliseen ongelmaan ja jokainen tulkitsee ongelmaa ja siihen liittyviä tekijöitä omalla tyylillään (Weber & Khademian, 2008, s. 338). Tämä luo haasteita pirullisen ongelman määrittelyyn ja tunnistamiseen. Yhteisöjen moniarvoisuus ja niissä esiintyvät erilaiset arvot tiedostetaan vahvemmin ja siksi yksimielisyys ongelmien käsittelyssä ei ole mahdollista (Rittel & Webber, 1973, s. 156). Yksilöt ovat määrittelemässä pirullista ongelmaa jokainen

omasta näkökulmastaan eikä kenenkään mielipidettä ole syytä tuomita etukäteen, koska jokainen voi olla yhtä arvokas (Lindell ja muut, 2014, s. 91).

2.1 Erilaisia ongelmatyyppejä

Seuraavaksi kuvataan tarkemmin ongelmatyyppejä tukeutuen osin Robertsinkin (2000) ongelmatyyppien jakoon täsmentääkseen pirullisen ongelman haastavaa luonnetta erilaisien ongelmien joukossa. Tutkimuksessa tukeudutaan Robertsinkin (2000) ongelmatyyppeihin, koska jaotteluun sisältyy pirullinen ongelma ja se konkretisoi hyvin miten eri tavalla niitä tulee käsitellä. Samalla se luo ymmärrystä, että muunkin luontoisten ongelmien ratkaiseminen voi olla haastavaa. Ongelmatyyppien erottelu Robertsinkin (2000) nojautuen auttaa ymmärtämään, että eri tasoisia ongelmia ei voida ratkoa samalla kaavalla. Lisäksi Robertsinkin (2000) kolme erilaista ongelmatyyppiä herättävät ajattelemaan laajemmin generatiivisen tekoälyn hyödyntämistä erilaisissa ongelmanratkaisutilanteissa.

Robertsinkin (2000, s. 1–2) mukaan pirullinen ongelma voidaan erottaa muista ongelmatyypeistä. Hän jakaa ongelmat kolmeen tyyppiin, joista ensimmäinen tyyppi pitää sisällään yksinkertaisia ja selkeitä ongelmia, joiden käsittely ja tunnistaminen sujuu mutkattomasti. Toiseen tyyppiin kuuluu kompleksisia ongelmia, joissa on yhteisymmärrys ongelmasta, mutta sen ratkaiseminen ei ole selkeää ja konflikteja saattaa esiintyä. Kolmas tyyppi sisältää ongelmat, joiden määrittelystä eikä ratkaisusta voida olla yhtä mieltä, mikä kuvaa osuvasti pirullisen ongelman luonnetta

Pirullisen ongelman luonnetta täsmentää sen vertaaminen sen vastakohtaan eli kesyyn ongelmaan, jollaisena voidaan pitää esimerkiksi matemaattisen yhtälön ratkaisua selkeiden ohjeiden avulla (Lundström & Mäenpää, 2020, luku 2; Rittel & Webber, 1973, s. 162). Jokaiselle kesylle ongelmalle on löydettävissä selkeä määritelmä sisältäen kaiken tarvittavan tiedon sen ymmärtämiseen ja ratkaisemiseen (Conklin, 2006, s. 18–19; Rittel & Webber, 1973, s. 161). Kesyjä ongelmia ratkotaan päivästä toiseen samalla rutiinilla (Vartiainen ja muut, 2013, s. 136). Kesyjien ongelmien tavoite on aina selvä ja ratkoja tietää,

milloin ongelma on saatu ratkaistua oikein (Rittel & Webber, 1973, s. 160, 162). Robertsia (2000, s. 1) mukaillen kesyjien ongelmien luonne sopii tyyppin yksi ongelmien ryhmään. Kesyjien ongelmien konfliktiton, rutiininomainen, lineaarinen (Roberts, 2000, s. 1) ja ennalta oletettuihin ratkaisutapoihin nojautuminen ei sovellu pirullisten ongelmien ratkaisemiseen (Vartiainen ja muut, 2013, s. 22) koska pirullisilla ongelmilla ei ole olemassa selkeitä piirteitä tai tavoitteita eikä oikeita tai vääriä vastauksia (Rittel & Webber, 1973, s. 160, 162–163). Vartiainen ja muut (2013, s. 20) konkretisoivat kesyn ja pirullisen ongelman luonteiden eroa vertaamalla niitä palapeleihin. Heidän mukaansa kesyssä ongelmassa palapelin palat ovat perinteisen muotoisia ja ne loksahdelevat selkeästi paikoilleen. Pirullisen ongelman palapelin kokoamista ovat sekoittamassa niin hammasrattaan muotoisen palasen aikaansaama pyörittävä liike kuin vaikeasti sekaan sopiva tähtikuvio ja tunnistamaton työkalu.

Pirullinen ongelma ei istu Robertsia (2000, s. 1) kuvaamaan tyyppin kaksi ongelmaan, koska niissä ongelman lähtökohdat ovat täysin ymmärrettävissä. Pirullinen ongelma ei koskaan ole täysin ymmärrettävissä, vaan se on aina monitulkintainen (Vartiainen ja muut, 2013, s. 28, 42). Hankalimmaksi vaiheeksi pirullisen ongelman käsittelyssä voidaan kuvata juuri sen määrittelyä eli ongelman ymmärtämistä (Mackenzie ja muut, 2006, s. 161; Rittel & Webber, 1973, s. 162). Juuri määrittely on Robertsia (2000, s. 1) mukaan täysin selvää tyyppin kaksi ongelmien parissa. Pirullisen ongelman ymmärtäminen ja määrittäminen kulkevat käsi kädessä ongelmanratkaisuprosessin kanssa eli ratkaisemista ja määrittämistä ei voida erottaa toisistaan koska ongelman riittävälle ymmärtämiselle ei voida määrittellä kriteereitä (Rittel & Webber, 1973, s. 162). Rittelin ja Webberin (1973, s. 162) mukaan pirullisen ongelman vahva yhteys sen kontekstiin on vaikeuttamassa ongelman määrittelyä, koska jokainen vuorovaikutuksellinen suhde tuo uusia näkökulmia käsillä olevaan pirulliseen ongelmaan. Pirullista ongelmaa voidaan pyrkiä määrittämään loputtomasti. He korostavat, että pirullisen ongelman ratkaisijoiden on hyväksyttävä, että ongelman määrittäminen päättyy vain ulkoisesta syystä eli kun resurssit tai kärsivällisyys on kulutettu loppuun.

Robertsin (2000, s. 1) ongelmatyypistä kaksi esille nostama esimerkki konkretisoi, miksi pirullinen ongelma ei sovi joukkoon. Esimerkin mukaan tyyppin kaksi ongelmana voi olla tilastojen mukaan oppilaiden oppimistulosten heikentyminen. Robertsin mukaan ongelma on selkeä, mutta sille voidaan löytää useita ratkaisuvaihtoehtoja kuten paremmat opettajat tai enemmän rahoitusta. Tyyppin kaksi ongelman allakin saattaa piilehtiä havaitsemattomia ongelmaharoja, joiden noustessa esiin, ongelman tyyppi voikin muuttua tasolle kolme eli pirulliseksi ongelmaksi (Vartiainen ja muut, 2013, s. 94). Eihän tyyppiksi kaksi ajatellun ongelman ratkaiseminen ole selkeää ja lisäksi se sisältää kompleksisia piirteitä (Roberts, 2000, s. 1). Vaarana on, että ongelmaa ei tunnisteta pirulliseksi, jolloin ei osata hyödyntää tarpeellisia menettelytapoja.

Robertsia (2000, s. 2) mukailleen tyyppin kolme ongelma kuvaa pirullista ongelmaa. Hänen mukaansa tällaiset ongelmat aiheuttavat usein konflikteja ja ristiriitoja, koska yhteisymmärrys ongelmasta ja ratkaisusta puuttuu. Hän korostaa, että pirullisia ongelmia voidaan konflikteista huolimatta lähestyä onnistuneesti myös kriisin keskellä, kunhan toimijat osallistuvat prosessiin laajasti. Hän toteaa, että kolmannen ongelmatyyppin luonnetta kuvaa osuvasti käsite *wicked*, joka tiivistää adjektiivit: epäselvä, muuttuva, monitulkintainen ja äärimmäisen turhauttava. Weber ja Khademian (2008, s. 336) kuvaavat pirullista ongelmaa säälimättömäksi, armottomaksi ja hellittämättömäksi perustellen kuvaustaan yhdellä pirullisen ongelman piirteellä eli sillä, että pirullisia ongelmia ei saada ratkaistua kerralla. Rittel ja Webber (1973, s. 160) korostavat, että *wicked problem* -käsitteenä ei tee ongelman sisällöstä eettisesti paheksuttavaa, vaan voimakkaat ja negatiiviset adjektiivit kuvaavat pirullisen ongelman luonnetta yleisesti.

2.2 Pirullisen ongelman piirteet

Rittel ja Webber (1973) luonnehtivat pirullista ongelmaa kymmenellä piirteellä, joiden voidaan havaita olevan osin päällekkäisiä. Nämä kymmenen piirrettä ovat myöhemmin muokkautuneet eri tavoilla tiiviimpään muotoon, joista Vartiaisen ja muiden (2013, s. 22) mukaan pirullisen ongelman määrittelyssä käytetyin on Conklinin (2006) kuvaamat kuusi

piirrettä. Conklin (2006) on muodostanut piirteet Rittelin ja Webberin (1973) kymmenestä piirteestä alkuperäistä sisältöä mukaillen. Tässä tutkimuksessa on tarkoituksenmukaista keskittyä kuvaamaan yleisesti käytössä olevia Conklinin (2006) muodostamia piirullisten ongelmien piirteitä täsmentääkseen pirullisen ongelman käsitettä ja luonnetta ytimekkäiden piirteiden avulla. On hyvä huomata, että nämä Conklinin (2006) muodostamat kuusi pirullisen ongelman piirrettä voidaan saada sopimaan lähes kaikkiin ongelmiin mielikuvitusta käyttämällä ja myös kesyt ongelmat saadaan istumaan piirteisiin (Lindell, 2017, s. 63). Piirteet eivät muodosta aukottomasti vain pirullisiin ongelmiin sopivaa kuvausta. Conklin (2006, s. 16, 19) korostaa, että piirteet kuvaavat pirullista ongelmaa sen sijaan, että ne yrittäisivät määritellä sitä. Hän muistuttaa, että ollakseen pirullinen ongelma, ongelman ei tarvitse sisältää kaikkia kuutta piirrettä. Alla on kuvattuna Conklinin (2006, s. 14–18) kuusi pirullisen ongelman piirrettä.

1. Pirullinen ongelma ei ole ymmärrettävissä ennen ratkaisuyritystä

Jokainen tarjottu ratkaisu paljastaa uutta tietoa pirullisesta ongelmasta. Uuden tiedon paljastuminen on jatkuvaa, koska pirullinen ongelma koostuu toistensa kanssa vuorovaikutuksessa olevista tekijöistä ja rajoituksista, jotka kehittyvät jatkuvasti. Näiden lisäksi pirullisen ongelman näyttäytymiseen vaikuttaa jokaisen subjektiivinen kokemus. Näiden ominaisuuksien takia pirullista ongelmaa ei voida määritellä tyhjentävästi tai vain yhdellä tavalla.

2. Pirullinen ongelma on päättymätön

Koska pirullisen ongelman määrittelemisen tyhjentävästi on mahdotonta, ongelmalle ei voida löytää lopullista ratkaisua. Pirullisen ongelman käsitteleminen ei koskaan pääty lopullisen ratkaisun löytämiseen – se on pysähtymätön. Ongelman ratkaiseminen päättyy ulkoisten tekijöiden, kuten ajan, energian tai rahan, eli resurssien loppumisen myötä.

3. *Ratkaisut pirulliseen ongelmaan eivät ole oikeita tai väärää*

Ratkaisut voivat olla joko riittävän hyviä, parempia, huonompia tai eivät tarpeeksi hyviä. Jokaisen yksilön subjektiiviset kokemukset, arvot ja tavoitteet määrittelevät tehdyn ratkaisun onnistuneisuutta. Toinen voi arvioida ratkaisun riittävän hyväksi omien tavoitteidensa näkökulmasta ja toisen mielestä ratkaisu on huonompi, koska se ei sovi hänen tavoitteisiinsa.

4. *Jokainen pirullinen ongelma on uusi ja uniikki*

Kahta samanlaista pirullista ongelmaa ei ole olemassa, koska jokainen muodostuu toisiinsa eri tavoilla kytkeytyneistä erilaista tekijöistä, jotka vaikuttavat ongelmaan kukin tavallaan. Tämä johtaa tarkoin räätälöityihin ja ainutlaatuisiin ongelmanratkaisuihin, joiden yleistäminen muihin yhtäläisyyksiäkään omaaviin pirullisiin ongelmiin ei ole toimivaa erityisen uniikkiuden vuoksi.

5. *Pirullisen ongelman ratkaisu on aina kertaluontoinen*

Jokaisella ratkaisulla on seuraamuksia ja seuraamukset muuttavat käsillä ollutta pirullista ongelmaa. Pirullisesta ongelmasta ei voi oppia ilman ratkaisun yrittämistä, mutta jokaisella ratkaisuyrityksellä on pysyviä ja pitkäkestoisia tahattomiakin seuraamuksia. Seuraamukset voivat saada aikaan uuden pirullisen ongelman tai muovata olemassa ollutta pirullista ongelmaa.

6. *Pirullisella ongelmalla on ennustamaton määrä ratkaisuvaihtoehtoja*

Pirulliselle ongelmalle voi olla olemassa useita mahdollisia ratkaisuja tai ratkaisua ei ole lainkaan. Huomioitavaa on myös se, että kaikkia ratkaisuja ei tulla koskaan ajatelleeksikaan. Ratkaisujen löytäminen vaatii luovuutta ja arviointikyvyn avulla valikoidaan tavoiteltavat ja toteutettavat vaihtoehdot.

Kuten yllä todettiin, edellä kuvatut Conklinin (2006) pirullisen ongelman piirteet tiivistävät Rittelin ja Webberin (1973) kymmenen piirrettä. Näiden kahden kuvauksen välillä on havaittavissa merkittävä ero, joka on syytä nostaa esille. Rittelin ja Webberin (1973, s.

166) kymmenennen pirullisen ongelman piirteen mukaan pirullisen ongelman käsittelijällä ei ole oikeutta erehtyä tai olla väärässä. Conklinin (2006, s. 14–15) muodostamat piirteet eivät sisällä erehtymisen kieltämisen näkökulmaa, koska jokaisen subjektiivinen kokemus on määrittelemässä toteutetun ratkaisun onnistuneisuutta. Oli erehtyminen sallittua tai ei, pirullisen ongelman käsittelijät ovat vastuussa toimintojen seuraamuksista (Rittel & Webber, 1973, s. 167), joita ratkaisujen toimeenpaneminen aiheuttaa (Conklin, 2006, s. 15). Rittelin ja Webberin (1973, s. 167) mukaan pirullisen ongelman ratkaisemisen tavoitteena ei ole löytää totuuksia vaan pyrkiä pienin askelin parantamaan maailmaa. Conklin (2006) sallii erehtymisen, mikä on lohduttavaa pirullisten ongelmien kompleksisessa maailmassa. Koska ihminen on erehtyväinen, tässä tutkimuksessa keskitytään Conklinin (2006) muodostamiin pirullisen ongelman piirteisiin.

2.3 Pirullisen ongelman ratkaiseminen

Olipa pirullinen ongelma mikä tahansa, ei ole epäilystäkään, etteikö niiden ratkaisemiseen tarvitsisi apua (Roberts, 2000, s. 2). Pirullisten ongelmien ratkaiseminen on vaativaa (Grint, 2005, s. 1478; Lindell ja muut, 2014, s. 86) ja Lehdon (2014, s. 4) mukaan ratkaisuihin ei ole olemassa valmiita kaavoja. Hän väittää, että pirulliset ongelmat ovat ratkaisutavissa, mutta valtaa pitävänä ajatuksena on, että pirullisia ongelmia ei voida koskaan lopullisesti ratkaista, kuten Rittel ja Webber (1973, s. 159–163) korostavat klassikkoartikkelissaan. Sosiaalista ulottuvuutta saavat pirulliset ongelmat rakentuvat laajoiksi kompleksisiksi kokonaisuuksiksi (Rittel & Webber, 1973, s. 159–163), joita joudutaan ratkomaan aina uudestaan ja uudestaan (Lundström & Mäenpää, 2020, luku 2).

Pirullisiin ongelmiin tulee suhtautua niiden luonteen mukaisesti ja niitä tulee ratkoa oikealla lähestymistavalla (Conklin, 2006, s. 19; Lehto, 2014, s. 4). Pirullisia ongelmia ei voida ratkaista perinteisillä päätöksenteko- ja toimintamalleilla (Vartiainen ja muut, 2013, s. 14), koska löydettävissä ei ole yhtä suoraa ratkaisuvaihtoehtoa (Pretorius, 2017, s. 191; Rittel & Webber, 1973, s. 161). Tämän vuoksi pirullisen ongelman käsitteleminen vaatii pitkäjänteisyyttä, yhteistyötä ja kollektiivista ajattelua (Grint, 2005, s. 1478). Vartiainen

ja muut (2013, s. 129) rohkaisevat, että pirullisista ongelmista voidaan selviytyä, mutta muistuttavat samalla, ettei niitä voida välttää. Jo Rittel ja Webber (1973, s. 167) tunnustivat, että pirullisten ongelmien välttäminen jatkuvasti kehittyvässä maailmassa on mahdotonta, koska kompleksisuus lisää vaihtoehtoisia toimintatapoja ja ajattelumaailmoja.

Pirullisen ongelman ratkaisuprosessilla ei ole olemassa rajoja (Roberts, 2000, s. 1) koska sitä ei koskaan voida ratkaista lopullisesti (Daviter, 2017, s. 572; Rittel & Webber, 1973, s. 162). Grint (2005, s. 1478) herättää ajattelemaan, että kukaan ei voi olla täysin varma mitä pitää tehdä, jotta pirullinen ongelma saadaan ratkaistua. Rittel ja Webber (1973, s. 161) ohjaavat lähestymään pirullista ongelmaa sen kautta, miten sitä lähdetään ratkaisemaan. Heidän mukaansa tämä määrittelee sen, mitä pirullisesta ongelmasta pitää ymmärtää. He tiivistävät osuvasti, että pirullista ongelmaa ei voida määritellä ennen kuin ratkaisu on löydetty. Toisin sanoen ei voida ensin ymmärtää ja sitten vasta ratkaista.

Mackenzie ja muut (2006, s. 158) ovat sitä mieltä, että pirullisen ongelman luonteen vuoksi on epäselvää mitä tietoa sen käsittelyyn tarvitaan, joten he väittävät, että tietopohjan lisääminen ei ole perusteltua. Weber ja Khademian (2008, s. 337) esittävät eriävän mielipiteen korostaen, että on välttämätöntä kerätä laaja tietopohja pirullisen ongelman käsittelyä varten. He huomauttavat, että koska pirullinen ongelma saa jatkuvasti uusia ulottuvuuksia, on välttämätöntä pysyä aktiivisena tiedon päivittämisessä, integroimisessa ja siirtämisessä. Conklin (2006, s. 20) mukailee edeltävää mielipidettä. Hänen mukaansa pelkkä tiedon kerääminen ei riitä, koska voimat loppuvat nopeasti pirullisen ongelman kohdalla. Hän korostaa tiedon keräämisen lisäksi päätöksien ja kokeilujen tekemisen sekä pilottien luomisen tärkeyttä. Myös Rittel ja Webber (1973, s. 161) sekä Molnár ja Greiff (2023, s. 2) korostavat tiedon merkitystä ja ovat sitä mieltä, että etukäteen tulee laatia riittävän tyhjentävä luettelo kaikista ratkaisuvaihtoehdoista, jotta mahdolliset kysymykset osattaisiin ennakoita. Ratkaisuvaihtoehtojen etsiminen antaa samalla yksityiskohtaisen kuvan pirullisesta ongelmasta (Rittel & Webber, 1973, s. 161).

Rittel ja Webber (1973, s. 165) toteavat, että pirullisen ongelman ratkaisemisen tulisi lähteä liikkeelle satunnaisilla ristiriitaa selittäville ilmiöillä. Järkevämpää on lähteä liikkeelle ongelmatyyppien tunnistamisesta (Molnár & Greiff, 2023, s. 1) koska ongelmaa kannattaa lähestyä sille soveltuvilla ongelmanratkaisukeinoilla (Roberts, 2000, s. 2). Seuraavaksi tarkastellaan miten ongelman piiriin kuuluvien toimijoiden ja mahdollisten konfliktien esiintyminen vaikuttavat pirullisen ongelman ratkaisemiseen. Samalla arvioidaan menetelmien toimivuutta pirullisen ongelman ratkaisemisessa. Tarkastelussa edetään ongelman kesyttämistä konfliktisen tilanteen ratkaisemiseen edeten yhteistyön ja avoimuuden merkitykseen ongelmanratkaisuprosessissa. Lopuksi kuvataan lineaarista ja epälineaarista ongelmanratkaisuprosessia ja käsitellään pirullisen ongelman piirteitä, jotka tulee huomioida ratkaisuprosessin aikana.

Ongelman kesyttäminen on hyväuskoisen kuvitelma pirullisen ongelman taltuttamisesta (Churchman, 1967, s. 141–142), joten tyypillisesti pirullista ongelmaa saatetaan lähteä kesyttämään (Conklin, 2006, s. 21; Daviter, 2017, s. 578; Pretorius, 2017, s. 191). Toiveena on, että kesyttäminen rauhoittaa pirullista ongelmaa (Churchman, 1967, s. 141) ja tekee siitä hallittavamman (Conklin, 2006, s. 21; Daviter, 2017, s. 578). Muita syitä pirullisen ongelman kesyttämiseksi ovat, että ongelmia ei tunnisteta pirullisiksi (Vartiainen ja muut, 2013, s. 89) tai ei haluta myöntää pirullisten ongelmien esiintymistä ja ne halutaan kieltää kokonaan (Lindell ja muut, 2014, s. 93; Rittel & Webber, 1973, s. 161).

Pirullisen ongelman kesyttämällä tarkoitetaan sen pelkistämistä jäsentelemällä se osiongelmiksi tai erillisiksi ratkaistaviksi pulmiksi (Mackenzie ja muut, 2006, s. 158). Kesyttäminen voi esiintyä myös vain pirullisen ongelman oireiden hoitamisena, jolloin todellinen syy voi jäädä kokonaan tunnistamatta (Daviter, 2017, s. 579; Rittel & Webber, 1973, s. 165). Kun pirullisen ongelman olemassaolo kielletään, ajaututaan sivuraiteille (Eichmann ja muut, 2020, s. 954). Tällöin tavoitteena on Lindellin ja muiden (2014, s. 93) mukaan pirullisten ongelmien yksioikoinen käsittely, ongelmien unohtaminen tai nopeiden päätösten tekeminen. Tämä toiminta on pirullisen ongelman ennen aikaista

kesyttämistä (Rittel & Webber, 1973, s. 161) ja johtaa kauemmas tavoitteen saavuttamisesta (Eichmann ja muut, 2020, s. 954).

Kesyttämislle tyypillistä on, että ratkottavia pirullisia ongelmia ei osata nähdä kompleksisina vyyhteinä, jolloin kompleksisuuden kokonaiskuva jää hahmottumatta (Vartiainen ja muut, 2013, s. 15). Tämä on eettisesti väärin ja lisäksi se estää oikeudenmukaisuuden toteutumisen (Rittel & Webber, 1973, s. 156, 161). Laajoissa ja kompleksisissa pirullisissa ongelmissa ongelman ydin on vaikea löytää verkoston keskeltä ja on haastavaa arvioida miten ongelman ytimeen pitäisi puuttua, vaikka mahdolliset tavoitteetkin olisivat selvät (Rittel & Webber, 1973, s. 159). Tämän vuoksi pirullisen ongelman kesyttäminen voi näyttäytyä houkuttelevana vaihtoehtona ja koska kesyttämällä voidaan ryhtyä suoraan toimeen (Conklin, 2006, s. 22).

Pirullisen ongelman yksinkertaistaminen eli kesyttäminen on täydellisen väärä lähtökohta pirullisen ongelman ratkaisemiselle (Conklin, 2006, s. 22–23; Vartiainen ja muut, 2013, s. 39). Rittelin ja Webberin (1973, s. 161) ja Churchmanin (1967, s. 142) mukaan pirullisen ongelman kesyttäminen on moraalisesti tuomittavaa. Pirullisen ongelman ydin pitäisi löytää ja pyrkiä ratkaisemaan se mahdollisimman läheltä sitä, koska pelkkien oireiden ratkominen ja kesyttäminen johtaa jopa huonompaan tilanteeseen (Daviter, 2017, s. 579; Rittel & Webber, 1973, s. 165) ja peruuttamattomiin seuraksiin (Pretorius, 2017, s. 191). Näennäinen ratkaisu ei ole organisaatiossa kestävä (Lindell ja muut, 2014, s. 93) ja kesyttämisyrityksen takia pirullinen ongelma voi muuttua entistä vaikeammaksi, eikä se jatkossa varoita ennen todellista räjähtämistä (Churchman, 1967, s. 141–142).

Konsultaatiota voidaan pitää yhtenä apukeinona pirullisten ongelmien ratkaisemisessa (Vartiainen ja muut, 2013, s. 123). Konsultaation avulla tavoitellaan Robertsinkin (2000, s. 16) mukaan ongelman kesyttämistä, koska käytettävissä on vain kapea näkökulma, jolloin ongelmaa ei voida määritellä eikä ratkaista. Konsultaatio johtaa ongelman selvittämiseen neuvojan näkökulmasta, joten se toimii selkeärajaisten ongelmien kohdalla (Vartiainen ja muut, 2013, s. 123). Konsultoinnin hyödyntäminen on pintapuolista tilanteen

tarkastelua ja todelliset ongelmat eivät mahdu käsittelyyn mukaan (Vartiainen ja muut, 2013, s. 123). Roberts (2000, s. 16) korostaa, että ulkopuolisten asiantuntijoiden hyödyntämisessä tulee olla varovainen pirullisten ongelmien kohdalla koska se estää ongelmaratkaisuprosessin etenemisen ja ongelmanratkaisu pitkittyy.

Autoritaarisella joukolla voidaan Robertsin (2000, s. 2–3) mukaan määritellä ja ratkoa ongelmaa, kun ongelma koskettaa vain pientä joukkoa. Todellisuudessa pirullisen ongelman voimaa vähätellään hänen (2000, s. 3–4) mukaansa kun sen ratkaiseminen laskeaan muutamien henkilöiden harteille. Rittel ja Webber (1973, s. 156) huomauttavat, että pirullisen ongelman määrittelemisen ja tavoitteiden muotoilu ovat heikoissa käsissä ollessaan vain muutamien henkilöiden vastuulla. Roberts (2000, s. 2–3) kuvaa menettelytavan johtavan ongelman kesyttämiseen, koska se vähentää ongelmanratkaisun monimutkaisuutta, mutta samalla se voi nopeuttaa ratkaisemista. Hän huomauttaa, että tämä voi johtaa väärin ratkaisuihin, koska ratkaisua haetaan pienen joukon kapeasta näkökulmasta.

Myöskään Lindellin ja muiden (2014, s. 96) mukaan autoritaarinen tyyli pirullisen ongelman ratkaisemisessa ei ole hyvä tapa, koska yhteisössä olevaa piilevää tietoa ei voida hyödyntää, jolloin ei todennäköisesti päästä parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen. He näkevät tässä ongelmana myös sen, että tehty päätös ei saa tukea, jolloin sen jalkauttaminen ei onnistu. Lopputuloksena asiat jäävät yhteisölle etäisiksi (Roberts, 2000, s. 4) ja oikeudenmukaisuus vaarantuu (Rittel & Webber, 1973, s. 156). Juuri laaja yhteisön osallistaminen olisi keskeistä pirullisen ongelman ratkaisemisessa (Daviter, 2017, s. 574). Vartiainen ja muut (2013, s. 43) vahvistavat ajatuksia toteamalla, että jos pirullista ongelmaa on ensin pyritty ratkomaan autoritaarisesti, lopulta päädytään kuitenkin yhteistyöhön.

Yhteistyötä pirullisten ongelmien ratkaisemisessa on syytä hyödyntää Robertsin (2000, s. 2–3) mukaan, kun pirullinen ongelma koskettaa laajasti eri toimijoita ja mukana ei ole kiistaa toimijoiden välillä. Yhteistyö yli organisaatorajojen ja siltojen rakentaminen

(McCune ja muut, 2023, s. 1518; Weaver ja muut, 2023, s. 6) erilaisissa verkostoissa tuo mahdollisuuksia hallita pirullisia ongelmia sekä ominaisuuksia, jotka palvelevat kompleksisten pirullisten ongelmien ratkaisemista (Weber & Khademian, 2008, s. 334). Lindell ja muut (2014, s. 96) korostavat, että heikkojakin yhteistyösilloja kannattaa vahvistaa. Muodostunut laaja verkosto ongelmanratkaisun parissa mahdollistaa tavoittamaan ongelmanratkaisun aiheuttamia heijastevaikutuksia (Rittel & Webber, 1973, s. 159, 166) ja se synnyttää enemmän mielivaltaisia ajatuksia (ks. Bannink ja muut, 2024) tuoden hajanaista ja paikallista tietämystä ongelmanratkaisuprosessiin (Daviter, 2017, s. 574). Tämä mahdollistaa tutkimaan useampia vaihtoehtoja, mikä on välttämätöntä pirullisen ongelman kohdalla (Vartiainen ja muut, 2013, s. 91). Löytyneet vaihtoehdot ovat kaikki käytökelpoisia, mutta niistä on valittava paras mahdollinen (Vartiainen ja muut, 2013, s. 91). Parhaan mahdollisen vaihtoehdon valintaa ohjaavat yksilöiden asenteelliset kriteerit ja maailmankuva, mitkä vaikuttavat pirullisen ongelman lopulliseen ratkaisuun (Rittel & Webber, 1973, s. 166).

Konfliktin ilmetessä toimijoiden välillä yhteistyö ei toimi (Daviter, 2017, s. 576), jolloin ratkaisun etsiminen voi johtaa kilpailuasetelmaan (Roberts, 2000, s. 2–3). Kilpailuasetelmassa toinen häviää ja toinen voittaa ja tämän ansiosta saavutetaan innovaatioita, mutta samalla se kuluttaa resursseja, joita tulisi hyödyntää ongelmanratkaisemisessa (Roberts, 2000, s. 6). Voimaa toisen kilpailijan eliminointiin voi löytyä, mutta voimaa saada jotain aikaan, ei välttämättä ole (Roberts, 2000, s. 6). Kilpailuasetelma vie mennessään hedelmällisyyden ongelmanratkaisuprosessista (Lindell ja muut, 2014, s. 96). Ihanteellisinta olisi tavoitella yhteistyön strategiaa pirullisen ongelman ratkaisemisessa (Molnár & Greiff, 2023, s. 14; Roberts, 2000, s. 16) mahdollisesti ilmenneistä kiistoista huolimatta. Vartiainen ja muut (2013, s. 42) muistuttavat, että syyllisten etsiminen on turhaa ja voimavarat pitäisi laittaa selviytymiskeinojen hakemiseen, koska yksin ei voi selviytyä kompleksista pirullisista ongelmista. Yhteistyön avulla saavutetaan enemmän kuin yksin (Roberts, 2000, s. 6).

Muutaman valitun henkilön sijaan pirullista ongelmaa käsittelemään kannattaa valjastaa myös Weberin ja Khademianin (2008, s. 337–338) mielestä yhteistyön verkosto, joka koostuu useankaltaisista toimijoista. Heidän mukaansa tämän ansiosta verkostoon mahtuu loputtomasti näkemyksiä, joista jokaisella on yksilöille omanlainen arvo ja merkitys. He tunnustavat, että esillä sinkoilevista näkökulmista on haastavaa saada koottua käytännöllinen, yhtenäinen ja hyödyllinen tietopohja tehokkaan yhteistoiminnallisen ongelmanratkaisun luomiseksi pirullisten ongelmien käsittelyyn. He myöntävät, että yhteinen tiedonsiirto on saatava kehittyneeksi verkoston sisällä, jotta pirullisen ongelman käsitteleminen saadaan toimivaksi. Samalla Weber ja Khademian (2008, s. 344) tunnistavat, että pirullisten ongelmien parissa haastavinta on saada tiedon välittyminen ja integroituminen toimimaan. He pohtivat, että oleellista olisi onnistua yhdistämään tieto käytännöllisesti tietokantaan, jota hyödynnetään pirullisen ongelman ratkaisemisessa.

Roberts (2000, s. 7) nostaa esiin yhteistyön haasteita, joita ovat muun muassa kasvavat kulut, toimivan yhteistyön kehittäminen, lisääntyneet tapaamiset ja ihmiskontaktien määrät, mikä edellyttää useampien suostumusten saamista. Myös Weber ja Khademian (2000, s. 336) ja Daviter (2017, s. 576) nostavat esille haasteet verkostojen sisällä tapahtuvasta yhteistyöstä. Samalla he korostavat, että verkostojen ja yhteistyön hyödyntäminen soveltuu pirullisten ongelmien käsittelyyn suoraviivaista lähestymistapaa paremmin. Vartiainen ja muut (2013, s. 28) korostavat yhteistyön hyötyjä, koska sen avulla löydetään eriäviäkin mielipiteitä ja onnistutaan sovittamaan yhteen keskenään ristiriitaiset mielipiteet. Heidän mukaansa tämä on tavoiteltavaa pirullisten ongelmien monitulkintaisen luonteen vuoksi. Oleellista on ymmärtää, ettei ole olemassa vain yhtä tapaa tehdä asioita (Daviter, 2017, s. 572). Roberts (2000, s. 16) tiivistää, että pirullisen ongelman ratkaiseminen on sosiaalista ja koolle kannattaa saada runsaasti ihmisiä käsittelemään pirullista ongelmaa ja samalla kaikki oppivat toisiltaan.

Avoimuudella pystyttäisiin lisäämään tehtyjen päätösten hyväksyttävyyttä ja se tarjoaisi arvokasta tietoa pirullisen ongelman käsittelemiseen (Lindell ja muut, 2014, s. 95). Avoin

yhteistyö on hedelmällistä pirullisten ongelmien käsittelyssä ja pelkästään sen avulla päästään pitkälle (Lindell ja muut, 2014, s. 94–95). Yhteistyöstä hedelmällistä tekee osalistujien erilaiset taustat, kulttuurit ja maailmannäkemykset, joista aina jokin näkökulma nousee pinnalle riippuen siitä, miten käsillä oleva pirullinen ongelma juuri kyseistä yksilöä koskettaa (Weber & Khademian, 2008, s. 336). McCune ja muut (2023, s. 1518) täsmentävät avoimen yhteistyön merkitystä nostamalla esiin sidosryhmien mielipiteet, arvot ja tunteet, joista Vartiainen ja muiden (2013, s. 46) mukaan nousee esille pirullisen ongelman todelliset luonteen vivahteet. Sidoryhmät pystyvät syventämään ymmärrystä ongelmasta, mikä mahdollistaa oivalluksien syntymisen (Vartiainen ja muut, 2013, s. 46).

Erilaisia ongelmanratkaisumalleja on kehitetty, mutta niitä ei voida päämäärättömästi soveltaa kaikenlaisiin ongelmiin, joten on oleellista tunnistaa ongelmatyyppi esimerkiksi aikaisemmin esiteltyyn Robertsin (2000) jaotteluun tukeutuen. Erityisen haastavaa on kehittää pirullisen ongelman aikaan saaman sotkuisen tien läpi auttavia menetelmiä (Mackenzie ja muut, 2006, s. 158). Murphyn ja Jonesin (2021, s. 62) mukaan ei ole olemassa tehokasta työkalua, joka auttaisi pirullisten ongelmien ratkaisemisessa. Seuraavaksi kuvataan yksi sopimaton esimerkki pirullisen ongelman ratkaisemiseen ja tämän jälkeen kuvataan esimerkki sen luonnetta tukevasta ongelmanratkaisuprosessista.

Vesiputousmalliksi kutsutulla lineaarisella ongelmanratkaisuprosessilla voidaan ratkoa kesyjä ongelmia (Vartiainen ja muut, 2013, s. 21). Alkuun vesiputouksen huipulla ongelma on vahvasti läsnä (Vartiainen ja muut, 2013, s. 21) ja tämä yksinkertainen ja kesy ongelma pystytään tunnistamaan nopeasti (Roberts, 2000, s. 1). Ongelman tunnistamisen jälkeen vesiputousta liutaan alaspäin keräämällä tietoa ja analysoimalla ongelmaa (Conklin, 2006, s. 8–9; Vartiainen ja muut, 2013, s. 21), minkä perusteella päädytään valitsemaan rutiininomaisesti paras mahdollinen toimintatapa ongelman ratkaisemiseksi (Mackenzie, 2006, s. 158). Vesiputouksen alapäässä havaitaan ongelman selkeä loppu (Murphy & Jones, 2021, s. 51; Vartiainen ja muut, 2013, s. 21). Selkeän lopun omaavat ongelmat voidaan ratkaista rationaalisesti rutiinien avulla (Murphy & Jones, 2021, s. 51; Roberts, 2000, s. 1).

Edellä kuvatun kaltainen lineaarinen, ennalta oletettu ja rutiininomainen lähestymistapa ei toimi pirullisen ongelman ratkaisemisessa, koska se ei tavoita pirullisen ongelman todellista monitulkintaisuutta (Murphy & Jones, 2021, s. 51) eikä sosiokulttuurista ulottuvuutta (Vartiainen ja muut, 2013, s. 22, 94). Tästä huolimatta pirullisen ongelman ratkaisemista lähestytään usein lineaaristen menetelmien avulla (Murphy & Jones, 2021, s. 62). Mackenzien ja muiden (2006, s. 156) mukaan pirullisen ongelman käsittelemisen tueksi tarvitaan menetelmä, joka sallii muutokset, ailahtelevuuden ja uusiutumisen. Lineaarisessa vesiputouksen laskussa ei kestä kauaa, joten se ei mahdollista ympärille ja ytimeen katsomista. Tämän vastakohtaa eli epälineaarista ongelmanratkaisumallia, joka kuvautuu aaltoilevaksi eteneväksi prosessiksi tähdäten ongelman poistumiseen, on ehdotettu pirullisten ongelmien käsittelyyn sopivammaksi menetelmäksi (Vartiainen ja muut, 2013, s. 26–27).

Epälineaarissa ongelmanratkaisumallissa korostetaan vuorovaikutteisuutta ongelman määrittelemisen ja ratkaisuvaihtoehtojen etsimisessä eli määrittelemisen ja ratkaisemisen tulee huomoida samanaikaisesti käsikkäin (Lundström & Mäenpää, 2020, luku 2; Vartiainen ja muut, 2013, s. 26–27). Tätä vuorovaikutteisuutta myös Rittel ja Webber (1973, s. 161) korostavat. Malli mahdollistaa, että ongelmaa ei tarvitse saada heti alkupisteessä määriteltyä täydellisesti vaan ongelman olemassaolo voi vaihdella näkymättömästä voimakkaasti esillä olevaan ajan juostessa eteenpäin (Vartiainen ja muut, 2013, s. 27). Prosessi voi vaikuttaa kaaotteiselta, koska ongelmaa ei ymmäretä puhtaasti, mutta samalla sen joustavuus mahdollistaa ongelmasta oppimisen prosessin aikana (Conklin, 2006, s. 11–12).

Epälineaarinen ongelmanratkaisumalli mahdollistaa ongelmanratkaisuvaihtoehtojen etsimisen ja erilaisten toimintamallien pohdinnan odottamattomien tilanteiden varalle (Conklin, 2006, s. 11). Ratkaisuvaihtoehtoilla pystytään parhaiten kuvaamaan käsillä oleva pirullinen ongelma (Conklin, 2006, s. 11; Lundström & Mäenpää, 2020, luku 2). Epälineaarinen ongelmanratkaisumalli selvästi tukee Rittelin ja Webberin (1973, s. 161–162) kuvausta pirullisen ongelman keskeisistä piirteistä, koska ilman laajaa

ratkaisuvaihtoehtojoukkoa ei voida onnistuneesti määritellä pirullista ongelmaa. Heidän mukaansa ei myöskään ole tarkoituksenmukaista pyrkiä lokeroimaan pirullista ongelmaa tiukkaan määritelmään.

Rosoinen suunnitteluprosessi eli suihkukaivoprosessi kuvaa myös pirullisen ongelman ratkaisuprosessia, jossa ongelman määrittelemisen ja sen ratkaisu ovat vahvasti vuorovaikutuksessa, kuten epälineaarissakin ongelmanratkaisumallissa (Vartiainen ja muut, 2013, s. 27). Rosoisella suunnitteluprosessilla ja epälineaarisella ongelmanratkaisuprosessilla saadaan aikaan parempia tuloksia pirullisten ongelmien käsittelyssä kuin mihin lineaarisilla vaihtoehdoilla päädyttäisiin (Vartiainen ja muut, 2013, s. 27). Niiden avulla mahdollistetaan useiden ratkaisuvaihtoehtojen esille nostaminen, löydetään yllätyksellisiäkin vaihtoehtoja, tiedostetaan ettei kaikkia ratkaisuvaihtoehtoja koskaan keksitä ja kyetään päätyämään harkinnanvaraiseen toteuttamiskelpoiseen suunnitelmaan (Rittel & Webber, 1973, s. 164). Aivan yhtä mahdollinen ja hyväksyttävä lopputulos on, että ratkaisuja ei löydetä lainkaan pirullisen ongelman loogisen epäjohdonmukaisen luonteen vuoksi (Rittel & Webber, 1973, s. 164).

Historiaan tuijottaminen on väärä tapa lähestyä pirullisten ongelmien määrittelyä ja ratkaisemista, koska todellisuudessa ongelman ydin voi poiketa edellisestä ongelmasta (Lindell ja muut, 2014, s. 95). Samankaltaisuudet eivät takaa, etteikö yksityiskohdat voisi olla erilaisia (Rittel & Webber, 1973, s. 165). Käsillä olevan pirullisen ongelman ratkaiseminen samalla kaavalla kuin edellinen näennäisesti hyvin samankaltainen pirullinen ongelma ratkaistiin, on haitallista, koska ongelmat ovat todellisuudessa yhteensopimattomia huomattomienkin muutosten vuoksi (Rittel & Webber, 1973, s. 165). Jokaisen ratkaisun tulee olla ainutlaatuinen, koska jokainen pirullinen ongelma on pohjimmiltaan uniikki ja aina on löydettävissä ensiarvoisen tärkeä erottava tekijä (Rittel & Webber, 1973, s. 165).

Seuraamukset ja heijastevaikutukset ympäristöön kuuluvat tiiviisti pirullisen ongelman jokaiseen toteutettuun ratkaisuun (Rittel & Webber, 1973, s. 159; Weber & Khademian, 2008, s. 336) eikä näitä pystytä ennustamaan (Pretorius, 2017, s. 191; Weaver ja muut,

2023, s. 1). Jääneitä jälkiä ei saa tekemättömiksi, josta havainnollistavana esimerkkinä Rittel ja Webber (1973, s. 163) nostavat esille valtatie rakentamisen, jota ei voi rakentaa nähdäkseen sen toiminta ja sitten nopeasti purkaa se toimimattomana. Kesyjen ongelmien kohdalla useita eri ratkaisuvaihtoehtoja voidaan kokeilla ilman vakavia seuraamuksia (Rittel & Webber, 1973, s. 163). Pirullisten ongelmien parissa vakavamman ongelman syntyminen ei koskaan yllätä, koska jokainen pirullinen ongelma voidaan nähdä toisen pirullisen ongelman oireena ja ratkaisut vaikuttavat peruuttamattomasti useiden elämään (Lundström & Mäenpää, 2020, luku 2; Rittel & Webber, 1973, s. 159, 163, 165).

Weber ja Khademian (2008, s. 336) konkretisoivat ennustamattomuutta ja seuraamuksia kiven pudottamisella veteen, mistä seuraa ennustamaton määrä leviäviä pisaroita, jotka vaikuttavat välittömästi veteen eli ympäristöön. Toteutetun ratkaisun jälkeen leviävän pisaran tavoin nurkan takaa saattaa loikata uusi pirullinen ongelma (Lehto, 2014, s. 4) tai se sama käsillä ollut vanha pirullinen ongelma, joka on ehtinyt muuttua ja on ehkä entistä vaikeampi (Lindell ja muut, 2014, s. 93; Lundström & Mäenpää, 2020, luku 2). Ennustamattomuus on tärkeä hyväksyä ja on ymmärrettävä, että päätöksistä seuranneita muutoksia ei voida hallita (Vartiainen ja muut, 2013, s. 28) eikä kaikkia heijastevaikutuksia pystytä havaitsemaan (Rittel & Webber, 1973, s. 163). Rittel ja Webber (1973, s. 163) korostavat, että jokainen ratkaisuyritys tulee nähdä tärkeänä vaiheena siitä huolimatta, vaikka seuraamukset olisivat epätoivottuja ja edut mitättömiä. Vartiainen ja muut (2013, s. 27) muistuttavat, että pirullisen ongelman ratkaiseminen tulee nähdä jatkuvasti käynnissä olevana prosessina, joka jatkuu ratkaisuvaihtoehdon valinnan ja toteuttamisen jälkeen seuraamusten tarkasteluna ja oppimisprosessina. Heidän mukaansa jatkuva oppiminen ongelman sisällöstä ja ratkaisuvaihtoehdoista mahdollistaa pirullisen ongelman ymmärryksen syvenemisen.

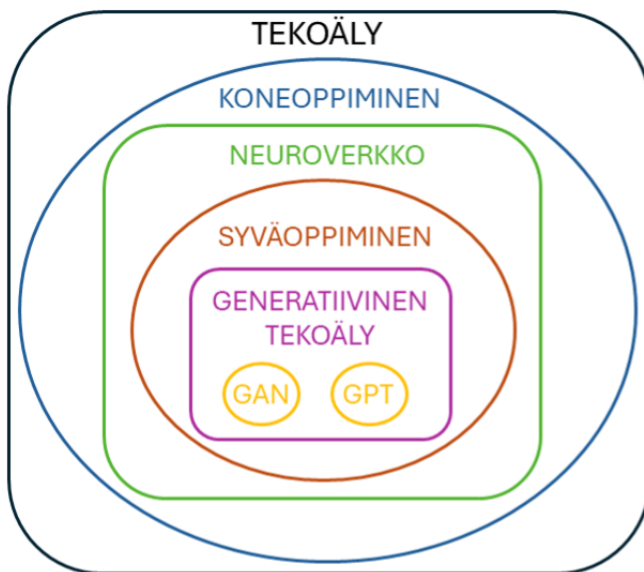
Epäonnistuminen on myös vaihtoehto pirullisten ongelmien ratkaisemisen kohdalla (Lundström & Mäenpää, 2020, luku 2; Roberts, 2000, s. 16). Erehtyminen ja epäonnistuminen ovat seurausta pirullisen ongelman luonteesta kompleksisena kokonaisuutena, mikä voi ajaa virheellisiin tulkintoihin ilman, että kyse olisi heikosta ammattitaidosta tai

vajaasta tietämyksestä (Lindell ja muut, 2014, s. 95). Tärkeää on kyetä myöntämään väärässä oleminen, koska se avaa ovet mahdollisuuksille ja näkökulmille (Lindell ja muut, 2014, s. 95). Roberts (2000, s. 16) muistuttaa, että ongelmanratkaisuprosessiin pitää pysyä luottamaan ilman takuita lopputuloksesta. Vartiainen ja muut (2013, s. 28) kiteyttävät, että epävarmuus pitää hyväksyä.

Kaikista pirullisiin ongelmiin liittyvistä haasteista huolimatta niiden kanssa selviydytään jatkuvasti, mutta niiden tunnistamiseen ja mahdollisuuksiin selviytyä entistä paremmin tulisi panostaa (Vartiainen ja muut, 2013, s. 14–15). Pirullisesta ongelmasta voidaan selviytyä paremmin jo sillä, että hyväksytään muutos (Lindell ja muut, 2014, s. 94). Pirulliset ongelmat kannattaa hyväksyä esimerkiksi osaksi organisaatioiden toimintaa, jolloin niiden kompleksisuus on voimavara (Lindell ja muut, 2014, s. 93). Organisaatioissa on tärkeä muistaa, että pirullista ongelmaa ei voida ratkaista ilman toimivaa yhteistyötä, joka ulottuu tarvittaessa yli organisaatorajojenkin (Lindell ja muut, 2014, s. 86; McCune ja muut, 2023, s. 1518; Weaver ja muut, 2023, s. 6). Yhteistyössä vaarana on ajautua arvoristiriitoihin sosiaalisen kanssakäymisen myötä, jolloin ongelmanratkaisuprosessissa on erimielisyyksien vivahteita (Roberts, 2000, s. 2). Erimielisyyksien vivahteet ovat pirullisten ongelmien ratkaisemissa myös toivottavia, koska juuri ne nostavat esiin ratkaisuvaihtoehtoja ja erilaisia näkemyksiä pirulliseen ongelmaan liittyvistä teemoista. On tärkeää kartoittaa kaikki mahdolliset keinot, miten erimielisyyksien vivahteet ja erilaiset ratkaisuvaihtoehdot pirullisille ongelmille voidaan löytää. Yhtenä vaihtoehtona voidaan harjoittaa generatiivisen tekoälyn hyödyntämistä.

3 Tekoäly ja generatiivinen tekoäly

Tutkimuksessa keskiössä on generatiivinen tekoäly, jonka yläkäsitteeksi voidaan määrittellä tekoäly, jonka määrittelemisen luo pohjan generatiivisen tekoälyn -käsitteelle. Generatiivisen tekoälyn ymmärtämiseksi on tärkeää ymmärtää koneoppimisen, neuroverkkojen ja syväoppimisen käsitteet. Generatiivisen tekoälyn alla tässä tutkimuksessa on keskeistä kuvata *Generative Pre-trained Transformer* -tekniikka (GPT), koska nimenomaan se on opetettu vapaita tekstejä käyttäen ja kykenee luonnolliseen tekstin tuottamiseen (Jovanović & Campbell, 2022, s. 109). Edellä mainitut käsitteet ja niiden väliset suhteet kuvataan kuviossa 1. GPT tekniikkaa hyödyntävästä sovelluksesta nostetaan esille ChatGPT. ChatGPT hyödyntää useampia tekoälytekniikoita ja sen toiminta on osin hämäränpeitossa (ks. Wu ja muut, 2023, s. 1122, 1132). Näitä tekniikoita ei ole syytä tässä hallintotieteellisen alan tutkimuksessa tarkemmin kuvata.



Kuvio 1. Generatiivisen tekoälyn sijoittuminen tekoälyn kenttään.

Seuraavaksi kuvataan kuviossa 1 näkyvien käsitteiden toimintaa lyhyesti aloittaen uloimmasta eli tekoälystä edeten kuvion keskiosaan eli GAN- ja GPT-käsitteisiin. Tarkastelussa nostetaan esille tärkeimpiä tekoälymenetelmien kehittäjiä ja lisäksi kuvataan tekoälyn historiaa keskeisten kehitysaskelien kautta.

3.1 Tekoäly

Tekoäly-käsite (*artificial intelligence eli AI*) on syntynyt konferenssissa vuonna 1956 (Haenlein & Kaplan, 2019, s. 6; Yuxiang ja muut, 2020, s. 721), jolloin tekoälyn tieteenala on syntynyt (Tuominen, 2019, s. 12). Konferenssiin ottivat osaa muun muassa John McCarthy, Marvin Minsky, Herbert Simon ja Allen Newell, jotka ovat merkittäviä henkilöitä tekoälyn kehittymisen historiassa (Yuxiang ja muut, 2020, s. 721). Pietikäinen ja Silvén (2019, s. 26) kertovat McCarthy'n (1959) tiettävästi olleen ensimmäinen, joka nosti esille tekoäly-käsitteen klassikkoartikkelissaan. McCarthy (1959, s. 1) kuvaa artikkelissaan tekoälyä loogisena menetelmänä, jolla tietokoneen muistiin syötetään tietoa.

Tuomisen (2019, s. 11) mukaan tarkkaa määritelmää tekoälylle on vaikea muodostaa. Tieteen termipankki (2023) kuvaa tekoälyä ihmisen teknisesti valmistamaksi järjestelmäksi, joka kykenee älykkääseen toimintaan jäljitellen toimintoja, jotka ovat ihmisen älykkyydelle tyypillisiä. Samoin Yuxiang ja muut (2020, s. 722) kuvaavat tekoälyä ihmisen kehittämäksi koneeksi ja lopullisena tavoitteena on kehittää kone, jonka älykyys ylittää ihmisaivojen tasolle. Pietikäinen ja Silvén (2019, s. 206–207) puolestaan herättävät ajattelemaan todellisuutta Roger Schankin mietteellä, jonka mukaan tekoälyn sijasta olemassa on vain tietokoneen toteuttamaa nopeaa laskentaa. Haenlein ja Kaplan (2019, s. 5) kuvaavat tekoälyn toimintaa konkreettisemmin toteamalla, että se on järjestelmän kykyä hyödyntää oppimaansa tulkitessaan sille syötettyä tietoa löytääkseen asetetulle tehtävälle oikean vastauksen, jonka se löytää tilanteeseen sopeutumalla.

Tekoälyn kehitys on ollut aaltoilevaa vuoristorataa. Välillä on tehty suuria harppauksia, mutta esimerkiksi rajallinen tietokoneiden laskentateho on ollut esteenä kehitysaskeleille (Yuxiang ja muut, 2020, s. 722). Tieteenalan suurimpien rajoitteiden eli tietokoneiden laskentatehon ja kapasiteetin (Yuxiang ja muut, 2020, s. 722) kehittyessä merkittävästi 1980-luvulla, tekoäly tieteenalana on vakiintunut (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 7). Tietotekniikan kehittyminen on mahdollistanut tekoälyn kehitystyön jatkumisen (Yuxiang ja muut, 2020, s. 722), koska parantunut laskentateho ja kapasiteetti mahdollistivat monimutkaisempien menetelmien käyttämisen ja pystyttiin keskittymään

reaalimaailman ongelmien ratkaisemiseen (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 7). Jälleen 2010-luvulla tapahtunut harppaus laskentatehon paranemisessa ja datan saatavuudessa johti tekoälyn nopeaan kehittymiseen (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 52), minkä myötä tekoäly on noussut keskusteluihin ja osaksi liiketoimintaa (Haenlein & Kaplan, 2019, s. 5).

Tekoälyn luomisessa Alan Turing on huomattavin merkkihenkilö (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 25). Toisen Maailman Sodan aikaan Turing kehitti koodien purkukoneen, joka on yksi ensimmäisistä toimivista sähköisistä koneista (Haenlein & Kaplan, 2019, s. 5). Tuo kone purki koodeja, joita lahjakkaimmatkaan matemaatikot eivät saaneet purettua (Haenlein & Kaplan, 2019, s. 5). Hieman myöhemmin Turing herätti ajattelemaan, voisiko kone ajatella ihmisen tavoin ja kehitti koneen älykkyyden testaamista varten menetelmän (ks. Turing, 1950). Tuolloin Turing totesi, että hänen kehittämänsä menetelmää tulee testata kehittyneellä koneella vuosisadan lopussa (Turing, 1950, s. 454–455). Koneiden älykkyyden testaaminen on Pietikäisen ja Silvénin (2019, s. 6) mukaan edelleen vaikeaa, koska älykkään ja tavallisen tietokeen välinen raja on jatkuvasti muuttuva tekoälyyn liittyvän kehitystyön vuoksi. Yhä käytössä oleva Turingin testi on arvostettu menetelmä, jonka mukaan kone voidaan luokitella älykkääksi, kun ihminen ei erota onko kyseessä kone vai ihminen (Haenlein & Kaplan, 2019, s. 6; Tieteen termipankki, 2023). Hernández-Orallo (2020, s. 533, 556) muistuttaa, että testi on kohdannut kritiikkiä ja se on jäänyt taka-alalle tekoälyn kehityksen myötä. Hänen mukaansa yksi keskeinen haaste on esimerkiksi valita Turingin testin edellyttämä tuomari arvioimaan tekoälysovelluksen älykkyyden tasoa. Hän miettii, pitäisikö ihmistuomari korvata koneella uusien kehittyneiden tekoälysovellusten myötä.

Allen Newell ja Herbert Simon olivat ensimmäisiä, jotka aloittivat älykkyyden ohjelmoinnin tietokoneisiin vuonna 1954 (McCarthy, 2007, s. 1174). Pari vuotta myöhemmin John McCarthyn järjestämässä kokouksessa pohdittiin koneen luomista, joka ajattelee ihmisen tavoin, ratkaisee ongelmia, kehittää itseään ja kykenee abstraktiin ajatteluun (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 26). Kuitenkin jo Turing tunnisti koneiden ongelmaksi sen, että koneet on haastava ohjelmoida ihmisaivojen tasolle (Turing, 1950, s. 455), jota

kokouksessa pohdittu koneen luominen vaatisi. Tosiasiassa ihmisaivot ja olemassa oleva tekoäly ovat hyvin erilaisia (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 167). Ihmisaivot ovat monimutkaisin elin (Adami, 2021, s. 132) ja ne koostuvat noin 86 miljardista rinnakkain toimivasta neuronista, jotka prosessoivat muistin ja eri aistien kautta välittyvää tietoa luodessaan kognitiivisia toimintoja (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 167). Monimutkaisuuden ansiosta ihmisaivot oppivat valvomattomasti kaiken kohtaamansa ilman rajoittavia sääntöjä (Le-Cun ja muut, 2015, s. 442). Ihmisaivot käsittelevät useita tehtäviä samanaikaisesti, kun taas tekoälyjärjestelmälle on kohdistettu tietty tehtävä ja sille on opetettava jokainen tehtävä erikseen massiivisen datamäärän avulla (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 160). Lopputuleksessa koneet ovat rajoittuneita ja ihmisaivoille ei ole kohdistettu mitään vastaavia rajoituksia (Turing, 1950, s. 444).

Sääntöpohjiin perustuvat tekoälyjärjestelmät ovat toistaiseksi epäonnistuneet yrityksissä rakentaa keinotekoisesti toimivat aivot (Adami, 2021, s. 132). Sääntöjen avulla on haastavaa tavoitella jotain, joka ei luonnollisesti käytä rajoittavia sääntöjä. Erityisesti haasteena on saada tekoäly sulavasti oppimaan uutta unohtamatta vanhaa, mikä on ihmisaivojen toiminnalle tyypillistä (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 174). Zhang ja muut (2023, s. 16) muistuttavat, että edelleenkin ihmisaivojen toimintaa ei täysin tunneta, joten niitä on vaikea kopioida. Adami (2021, s. 132) miettii voiko aivojen kopioimisessa keinotekoisesti edes onnistua ennen ihmisaivojen toiminnan täyttä ymmärtämistä.

Pietikäisen ja Silvénin (2023, s. 19–20) mukaan tekoälystä voidaan erottaa heikko ja vahva tekoäly sekä supertekoäly. Kaikki olemassa oleva tekoäly on heikkoa tekoälyä eli sen avulla pystytään ratkaisemaan valitussa sovelluksessa tiettyjä ongelmia eikä sillä ole itsetietoisuutta. He kuvaavat, että vahvan tekoälyn tulee olla itsestään tietoinen, jonka älykkyys on lähellä ihmisen älykkyyttä ja sen pitäisi ymmärtää myös keskustelun sisältöä. Zhang ja muut (2023, s. 5, 16) toteavat, että tekoäly ei pysty saavuttamaan ihmisen älykkyyttä ilman valtavien esteiden ylittämistä, ja he epäilevät sitä mahdottomaksi. Adami (2021, s. 135) korostaa, että tekoälyltä puuttuu kyky automaattisesti luoda kuva maailmasta, jossa parhaillaan ollaan, mikä estää vahvan tekoälyn luomisen. Haasteena vahvan

tekoälyn kehittämisessä on osittainen pimento ihmisaivojen ja älykkyyden toiminnasta ja tuntematonta on vaikea tavoitella (Zhang ja muut, 2023, s. 16)

Pietikäinen ja Silvén (2019, s. 22–24) kuvaavat supertekoälyn koneeksi, jonka älykyys ylittää lahjakkaimpien ihmisten älyn ja se pystyy kehittämään yhä parempia ratkaisuja. Heidän mukaansa pelottavissa skenaarioissa supertekoäly pystyisi ottamaan ihmisistä vallan. Jo Turing (1950, s. 444) pohti ajattelevan koneen pelottavuutta ja mietti, että kone ei saa koskaan ylittää ihmisen osaamista, koska muuten se valtaa maailman. Tässä tutkielmassa keskiössä on heikko tekoäly, koska vain se on tällä hetkellä olemassa. Olemassa oleva tekoäly ymmärtää maailmaa sille luotujen mallien ja sääntöjen avulla eikä se pysty sovittamaan asioita nykyhetkeen (Adami, 2021, s. 135–136).

3.1.1 Koneoppiminen

Useat tekoälysovellukset toimivat koneoppimisen pohjalta (Janiesch ja muut, 2021, s. 685). Koneoppiva järjestelmä oppii sille syötetystä harjoitusdatasta esimerkkien ja havaintojen kautta (Janiesch ja muut, 2021, s. 685), mutta sillä on rajoittunut kyky prosessoida tietoa raa'assa muodossa (Janiesch ja muut, 2021, s. 685). Lisäksi se vaatii ihmisen huolellista toimintaa oppimisprosessin aikana (LeCun ja muut, 2015, s. 436–437). Esimerkiksi ihmisen tulee muuntaa kuvan pikselit muotoon, jonka koneoppiva järjestelmä voi oppia (LeCun ja muut, 2015, s. 436). Koneoppiminen voi tapahtua neljällä eri tyylillä (ks. Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 37–38), joihin ei ole syytä tarkemmin tässä paneutua. Koneoppiva järjestelmä rakentaa automaattisen analyyttisen mallin ja ratkaisee teemaan liittyviä tehtäviä soveltaen oppimiaan malleja (Janiesch ja muut, 2021, s. 685) lineaarisen luokittelumenetelmän ja käsin luotujen ominaisuuksien avulla (LeCun ja muut, 2015, s. 437). Koneoppiva järjestelmä sopii ratkaisemaan yksinkertaisia asioita (LeCun ja muut, 2015, s. 437), mutta samalla se kykenee löytämään piilotettuja oivalluksia mallien avulla ilman nimenomaista ohjelmointia (Janiesch ja muut, 2021, s. 685). Koneoppiva järjestelmä kykenee poimimaan seasta säännönmukaisuuksia ja toistettavia päätöksiä massiivisesta tietokannasta (Janiesch ja muut, 2021, s. 685–686).

Koneoppiminen voi tuottaa luotettavia päätöksiä ja sitä on hyödynnetty esimerkiksi pe-
tosten havaitsemisessa ja luottopisteytysten tekemisessä (Janiesch ja muut, 2021, s. 686),
kohteiden tunnistamisessa ja sosiaalisen median mainosten suodattamisessa (LeCun ja
muut, 2015, s. 436). Koneoppimisen teknologia on täyttänyt yhteiskuntaa, mutta jo
vuonna 2015 syväoppimisen menetelmä on pitänyt valtaa sovelluksissa (LeCun ja muut,
2015, s. 436) ja sen valta-asema sovelluksissa on jatkanut vahvistumistaan (Alom ja muut,
2019, s. 1). LeCun ja muut (2015, s. 436) korostavat, että syväoppiminen vaatii insinöö-
reiltä vähän käsitöitä verrattuna koneoppimiseen, joten sen avulla voidaan saavuttaa
enemmän. Lisäksi he korostavat syväoppivan järjestelmän kykyä kasvattaa helposti saa-
tavilla olevaa laskentaa ja datamäärää. Suurten datamassojen syöttäminen neuroverk-
koihin on ollut valtaapitävä strategia tekoälyn viimeisimmässä kehityksessä (Pietikäinen
& Silvén, 2019, s. 68). Lisäksi insinöörien käsitöiden väheneminen on ollut tavoitteena,
minkä syväoppivat monikerroksiset neuroverkot ovat mahdollistaneet (LeCun ja muut,
2015, s. 436, 438). Muun muassa näiden asioiden vuoksi nykyään kehitettävien teko-
älysovellusten pohjalla on syväoppimisen ja neuroverkkojen teknologia (Haenlein &
Kaplan, 2019, s. 7). Siksi tässä tutkimuksessa keskitytään kuvaamaan syväoppivien neu-
roverkkojen toimintaa kuvaten ensin neuroverkkoja ja luvussa 3.1.3 palataan käsittele-
mään syväoppimista.

3.1.2 Neuroverkot

Frank Rosenblatt kehitti vuonna 1958 prototyypin keinotekoisesta neuroverkosta (*artifi-
cial neural network*), jota kutsuttiin nimellä ”*perceptron*” (ks. Rosenblatt, 1958; Zhang ja
muut, 2023, s. 3). Neuroverkko saa inspiraation ihmisen hermojärjestelmästä, mutta Ro-
senblatt (1958, s. 387) piti sen tietoisesti etäällä osin tuntemattomasta ihmisen hermo-
järjestelmästä. *Perceptron* koostui kolmesta kerroksesta (Rosenblatt, 1958, s. 389–390),
soveltui lineaarisesti eriteltyjen ongelmien käsittelemiseen ja siitä puuttui tehokas ope-
tusalgoritmi (Zhang ja muut, 2023, s. 3). Tämän jälkeen on kehitelty erilaisia neuroverk-
koja (Zhang ja muut, 2023, s. 3), joista jokaisella on hieman erilainen ajatus pohjalla (ks.
esim. Alom ja muut, 2019), mutta kaikki perustuvat yksinkertaisuuteen (LeCun ja muut,

2015, s. 438). Jo 1980-luvulla keksittiin monikerrosneuroverkko (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 7), joka sisältää yhden tai useamman piilotetun verkon (Alom ja muut, 2019, s. 9). Näiden monikerrosneuroverkkojen pohjalle viimeisin kehitys tekoälyssä perustuu, koska ymmärrettiin, että syötettäessä neuroverkkoihin valtavaa määrää dataa, päästään parempiin tuloksiin (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 7).

Neuroverkko koostuu matemaattisesti esitetyistä yksiköistä eli neuroneista, joiden välille on luotu aivoista tuttuun synapsien kaltaisia yhteyksiä, joissa signaalit kulkevat (Alom ja muut, 2019, s. 3; Janiesch ja muut, 2021, s. 687). Neuroverkon opettamisprosessin aikana kulkevia signaaleja voidaan vahvistaa tai vaimentaa siten, että seuraavalle vastaanottavalle neuronille asetetaan tietty kynnsarvo, joka signaalin pitää ylittää, jotta tämä neuron ottaa signaalin käsiteltäväksi ja sieltä signaali pääsee etenemään (Alom ja muut, 2019, s. 3; LeCun ja muut, 2015, s. 436, 438; Janiesch ja muut, 2021, s. 687; Rosenblatt, 1958, s. 389). Mikäli asetettu kynnsarvo ei ylity, signaalin eteneminen verkostossa pysähtyy tai se vaihtaa suuntaa (LeCun ja muut, 2015, s. 436).

Matemaattisesti esitetyt neuroniyksiköt on aseteltu toisiinsa kytkeytyviksi verkostoiksi eri kerroksiin. Syötekerros vastaanottaa tiedon ja ulostulokerros tuottaa tuloksen (LeCun ja muut, 2015, s. 438). Näiden kerrosten välillä on nolla tai useampi piilotettu kerros, jotka ovat vastuussa epälineaarista oppimisesta ulommaisten kerrosten välillä (LeCun ja muut, 2015, s. 436, 438; Janiesch ja muut, 2021, s. 687). Järjestelmään syötetty tieto tulee saada lineaarisesti erotelluksi ennen viimeistä eli ulostulokerrosta (LeCun ja muut, 2015, s. 438). Muodostunutta järjestelmää voidaan kutsua keinotekoiseksi hermoverkoksi, vaikka se muodostuu laskennallisista yksinkertaisista elementeistä (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 21). Niiden toiminta perustuu dataohjattuun konnektionistiseen tiedonkäsittelyyn ja niitä on mahdollista opettaa (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 6, 21). Neuroverkon oppimisen nopeuteen voi vaikuttaa erilaisilla tekijöillä (ks. Alom ja muut, 2019, s. 10).

Syvästä neuroverkosta puhutaan, kun edellä kuvatun kaltaisessa verkostossa on ulommaisten kerrosten välillä useampi kuin yksi piilotettu verkko (Janiesch ja muut, 2021, s. 688). Useiden kerrosten, viidestä (LeCun ja muut, 2015, s. 438) jopa yli sataan (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 177), avulla järjestelmä pystyy toteuttamaan monimutkaisia toimintoja ollen herkkä yksityiskohdille (LeCun ja muut, 2015, s. 438). Useita kerroksia omaavaan syvään neuroverkkoon voidaan syöttää enemmän raakadataa ja se osaa löytää signaalien avulla automaattisesti tarvittavan tiedon ilman erikseen suoritettua ohjelmointia (Janiesch ja muut, 2021, s. 688). Esimerkiksi syvä neuroverkko kykenee erottamaan kuvasta samojedinkoiran valkoisista susista antamatta suurten epäolennaisten vaihteluiden, kuten sekavan taustan tai valaistuksen, häiritä tunnistamista (LeCun ja muut, 2015, s. 438). Todellisuudessa syväneuroverkko ei tiedä mitään sille syötetystä kohteesta, jota se sujuvasti verkostoissa luokittelee (Adami, 2021, s. 135). Se vain sovitaa tilastollisesti ominaisuuksia siihen, mitä verkkokalvolla näkyy eli siihen mitä ihminen sille syöttää tehtäväksi (Adami, 2021, s. 135). Syväneuroverkko ei kykene ymmärtämään sille syötettyä edellistä sanaa tai tekstiä, jonka se on lukenut, mikä voidaan nähdä järjestelmän heikkoutena (Alom ja muut, 2019, s. 28). Ihmisen toiminnassa korostuu kyky ymmärtää lauseesta edellinen sana rakentaessaan uutta tietoa (Alom ja muut, 2019, s. 28).

Neuroverkon koon kasvaessa, siitä tulee tehokkaampi (Alom ja muut, 2019, s. 46) ja sen tunnistuskyky paranee, jolloin virheen mahdollisuus pienenee (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 48–49). Siksi tekoälyalalla pyritään kehittämään syvempiä ja laajempia neuroverkkoja, jotta saavutettaisiin parempi tarkkuus ja päästäisiin jopa parempaan tarkkuuteen, johon ihminen kykenee. Ongelmana tässä on se, että samalla kun neuroverkon koko kasvaa, vaaditun rahan, energian, tallennustilan ja laskentatehon vaatimukset kasvavat räjähdysmäisesti eikä näitä järkälemäisiä mittasuhteita saavutettavia neuroverkkoja voida hyödyntää pienissä laitteissa kuten matkapuhelimissa (Alom ja muut, 2019, s. 46). Järkälemäisen laskennan toteuttaminen edellyttää teknologiajättien tuottamia ja tarjoamia pilvipalveluita (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 53). Tekoälyalalla tunnistetaan tämä ongelma ja pyritään kehittämään yhtä hyvään tarkkuuteen pystyvää neuroverkkoa, joka

vaatii toimiakseen vähemmän energiaa ja laskentatehoa ja näin ollen myös vähemmän kustannuksia (Alom ja muut, 2019, s. 46).

3.1.3 Syväoppiminen

Syväoppiminen pohjautuu edellä kuvattuun koneoppimiseen, jonka osa-alueeseen kuuluvat edellä kuvatut neuroverkot (Alom ja muut, 2019, s. 1). Neuroverkkojen muotoutuminen on johtanut syväoppimisen kehittymiseen (Alom ja muut, 2019, s. 2; Janiesch ja muut, 2021, s. 685). Syväoppiva järjestelmä kykenee suoriutumaan tehtävistä paremmin kuin pinnalliset koneoppimisen mallia käyttävät järjestelmät (Janiesch ja muut, 2021, s. 685), joten useat tekoälymenetelmät hyödyntävät syväoppimista (Alom ja muut, 2019, s. 41). Syväoppivan järjestelmän suorituskyky on huippuluokkaa verrattuna perinteiseen koneoppimisen malliin (Alom ja muut, 2019, s. 1).

Professorit Geoffrey Hinton, Yoshua Bengio ja Yann LeCun ovat olleet pioneereja kehittämässä syväoppimismenetelmiä (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 10–11). Hintonin ja muiden (ks. 2006) artikkeli nosti syväoppimisen kehittämisen suosioon (Abukmeil ja muut, 2021, s. 22). Hinton ja muut (2006, s. 1547) loivat nopeita ja tehokkaita algoritmeja, jotka opettivat syviä piiloverkkoja kerros kerrallaan. LeCun ja muut (2015 s. 442) nostavat esille artikkelissaan Krizhevskyn, Sutskeverin ja Hintonin (2012) luomaa konvoluutioneuroverkkoa koskevan raportin ja sen merkitystä syväoppimisen kehittämisessä. Krizhevskyn ja muiden (2012, s. 1–2) kehittämä konvoluutioneuroverkko oli nopeiten opetettavissa ja sen avulla saatiin lähes puolitettua virheprosentti kohteen tunnistamisessa. Suuri ja riittävän syvä konvoluutioneuroverkko saavuttaa ennätysellisiä tuloksia erittäin haastavassa tietokokonaisuudessa valvotun oppimisen avulla (Krizhevsky ja muut, 2012, s. 8).

Alomin ja muiden (2019, s. 2) mukaan syväoppiva järjestelmä voidaan nähdä universaalina ja se kykenee ratkaisemaan melkein kaikenlaisia ongelmia erilaisissa sovelluksissa. Sen etuna on kyky hyödyntää valtavaa datamäärää jäljitellen ihmisen ajattelukykyä

(Holtel, 2016, s. 172). Massiivista dataa hyödyntävät syväoppivat neuroverkot ovat saavuttaneet useissa tehtävissä ihmistä parempia tuloksia (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 154), koska ne kykenevät yhdistelemään erilaisia tietoja (Janiesch ja muut, 2021, s. 688). LeCun ja muut (2015, s. 436) korostavat, että syväoppivat järjestelmät ovat hyödyllisiä valtavien tietomäärien ja moniulotteisten asiakokonaisuuksien äärellä, koska ne ovat hyviä löytämään monimutkaisista rakenteista monimutkaista tietoa. Vastaavanlaisten monimutkaisten asioiden kohdalla koneoppimisen tehokkuus ontuu (Janiesch ja muut, 2021, s. 688). Syväoppiva järjestelmä löytää syötetystä raa'asta datatiedosta automaattisesti tarvitsemansa tiedon syötetyn datan tunnistamiseen ja luokitteluun (LeCun ja muut, 2015, s. 436) muodostuneen algoritmin avulla (Alom ja muut, 2019, s. 2). Syväoppiva järjestelmä hyödyntää sähköisessä muodossa olevan valtavan tietomäärän – kuvat, tekstit, raportit, mainokset, media-alustat, verkkosivut jne. – analyyttisen mallin rakentamisessa (Janiesch ja muut, 2021, s. 688). Algoritmit ovat apuna toiminnan automatisoimisessa (Alom ja muut, 2019, s. 2) eikä piirteitä erottelevia kerroksia tarvitse syöttää käsin (LeCun ja muut, 2015, s. 436).

Syväoppivassa järjestelmässä useat eri neuroverkoston kerrokset käsittelevät tietoa epälineaarisilla malleilla omalla tasollaan muuntaen tiedon muotoa ja syöttäen sitä eteenpäin kohti abstraktimpaa tasoa (Alom ja muut, 2019, s. 2). Kun käsitteleviä kerroksia on neuroverkostossa tarpeeksi monta, järjestelmä voi oppia hyvin kompleksisia asioita (LeCun ja muut, 2015, s. 436). Syväoppivan järjestelmän kehittyneen rakenteen ansiosta syväoppiminen selviytyy paremmin suurista ja rakentumattomista datamassoista, joissa on ”kohinaa” eli häiriötä aiheuttavia tekijöitä (Janiesch ja muut, 2021, s. 689). Zhang ja muut (2023, s. 5) muistuttavat, että myös syväoppiva järjestelmä on haavoittuvainen ja altis virheille syötetyn datan sisältämän epätarkkuuden eli ”kohinan” vuoksi. LeCun ja muut (2015, s. 438) toteavat, että olosuhteista riippumatta syväoppiva järjestelmä kykenee usein saavuttamaan tasaisen laadun. Neuroverkoston tulee olla sopivan monimutkainen, koska liian yksinkertaisena tai kompleksisena se ali- tai ylisuoriutuu (Zhang ja muut, 2023, s. 5). Syväoppivan järjestelmän toiminta perustuu lopulta siihen syötettyyn dataan ja järjestelmä toimii paremmin syötenäytteiden määrän kasvaessa (Alom ja muut,

2019, s. 36). Liian heikon datamäärän kanssa ei voi kuin epäonnistua (Zhang ja muut, 2023, s. 5).

3.2 Generatiivinen tekoäly

Generatiivinen tekoäly on yksi koneoppimisen alle kuuluvista menetelmistä ja tarkemmin voidaan puhua generatiivisen oppimisen mallista (Abukmeil ja muut, 2021, s. 1). Generatiiviset mallit pohjautuvat syväoppimiseen ja ne menestyvät erilaisissa sovelluksissa (Alom ja muut, 2019, s. 36). Sen sovellusalueet ovat laajat, kuten kuvankäsittely, kasvojen tunnistaminen, musiikin luominen ja luonnollisen kielen käsittely (Gui ja muut, 2023, s. 3313). Generatiivisen tekoälyn mahdollisimman sujuva toiminta on edellyttänyt sen kehittämistä toimivammaksi kokonaisuudeksi uusien menettelyiden avulla (Goodfellow ja muut, 2014). Se käyttää generatiivista mallintamista ja syväoppivia neuroverkkoja (Abukmeil ja muut, 2021, s. 20, 27) tuottaessaan vaihtelevaa sisältöä hyödyntäen sille ennalta opetettua tekstiä, kuvia, ääntä, taulukoita, videoita ja muuta materiaalia (Jovanović & Campbell, 2022). Generatiivinen tekoälyjärjestelmä kykenee luomaan myös tietoa, jota sille ei ole ennalta opetettu (Abukmeil ja muut, 2021, s. 26). Generatiivisia tekoälytekniikoita on useita, joista tässä tutkimuksessa keskitytään kuvaamaan ensimmäisenä kehitetty ja yleisesti käytetty *Generative Adversarial Networks* (GAN) (Jovanović & Campbell, 2022, s. 107), jonka Ian Goodfellow tiimeineen (2014) on kehittänyt. Tämän jälkeen kuvataan tämän tutkimuksen kannalta oleellinen *Generative Pre-trained Transformer* -tekniikka (GPT), koska juuri se pystyy tuottamaan tekstejä, dokumentteja ja esseitä (Jovanović & Campbell, 2022, s. 109).

GAN on saavuttanut laajan kiinnostuksen, koska se oppii monimutkaista dataa ja tuottaa todellisenkaltaisia tuloksia yksinkertaisemmilla menetelmillä (Hong ja muut, 2020, s. 1). Goodfellowin ja hänen tiiminsä (2014) kehittämä GAN-menetelmä on poissulkenut merkittävimmät haasteet generatiivisen tekoälyn käytössä. GAN on valvomatonta oppimista hyödyntävä syväoppiva järjestelmä (Alom ja muut, 2019, s. 36), jossa kaksi neuroverkkoa kilpailevat vastakkain, minkä avulla se tuottaa tietoa (Hong ja muut, 2020, s. 2–3). Toinen

kilpailevista verkostoista luo sisältöä, jota toinen verkko erottelee yrittäen tunnistaa onko sisältö alkuperäinen vai järjestelmän luoma näyte (Abukmeil ja muut, 2021, s. 26; Jovanović & Campbell, 2022, s. 107). Prosessi jatkuu uuden sisällön luomisena ja arvioimisena, kunnes GAN pystyy syöttämään ulos tuloksen, joka on erittäin lähellä alkuperäistä syötettä (Abukmeil ja muut, 2021, s. 27). Esimerkiksi syöte voi olla kuva puistosta ja vastakkain toimivat verkostot työskentelevät, kunnes saavat syötettyä ulos järjestelmän synnyttämän kuvan, joka näyttää täysin alkuperäiseltä puistokuvalta.

Goodfellow ja muut (2014, s. 1) konkretisoivat GAN:in toimintaa vertaamalla sitä väärentäjiin ja poliiseihin. GAN:in voidaan ajatella sisältävän väärentäjien verkoston (ks. Alom ja muut, 2019, s. 36), joka tuottaa väärennettyä rahaa. Lisäksi se sisältää erottelumallin verkoston (ks. Alom ja muut 2019, s. 36), joka toimii poliisin tavoin yrittäen havaita väärennetyn rahan. GAN:in toiminnassa väärentäjät ja poliisit kilpailevat parantaen omia menetelmiään ja tavoitteena on se, että poliisin on mahdotonta erottaa väärennöksiä aidon rahan joukosta. Kumpikin yrittää olla toistaan parempi vastakkainasettelutilanteessa, mikä muistuttaa vahvasti Turingin testiä, jossa kone yrittää päästä ihmisen tasolle (Hernández-Orallo, 2020, s. 533, 546).

Seuraavaksi kuvataan *Generative Pre-trained Transformer* -tekniikka (GPT), koska juuri GPT keskittyy luonnollisen kielen käsittelyyn (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 62). GPT:n toiminta perustuu esikoulutettuihin malleihin (Alom ja muut, 2019, s. 45; Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 63) ja se hyödyntää toiminnassaan muuntajia (*transformers*), jotka kykenevät huomioimaan koko tekstisyötteen kerralla pelkkien yksittäisten sanojen sijaan (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 62–63). GPT:n verkosto on opetettu suurella datalla (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 63) ja opettamisesta muodostuneet mallit voidaan siirtää toiselle verkostolle, joka voi aloittaa oppimisen esikoulutetuilla malleilla eikä koko oppimisen prosessia tarvitse aloittaa alusta (Alom ja muut, 2019, s. 45). GPT on erityisen hyödyllinen tilanteessa, jossa näytetatasta on puutetta (Alom ja muut, 2019, s. 45).

Valmiiksi koulutettujen mallien hyödyntäminen on perusteltua, koska neuroverkkojärjestelmälle mallin luominen vaatii paljon kallista laskentatehoa ja suuria malleja pitää kouluttaa aikaa vievillä suurilla tietokokonaisuuksilla (Alom ja muut, 2019, s. 45). Esikoulutettujen mallien hyödyntäminen uusien mallien kouluttamisessa nopeuttaa verkostoa tekemään yleistyksiä ja löytämään samankaltaisuuksia (Alom ja muut, 2019, s. 45), joten menetelmän hyödyntäminen lyhentää opetusaikoa (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 63). Alom ja muut (2019, s. 44–45) vertaavat esikoulutettujen mallien toimintaa opettajiin ja opiskelijoihin. He kuvaavat tilannetta, jossa opettaja on kerännyt tietoa jostakin aiheesta ja välittää tiedon opiskelijoille luennolla. Tilanteessa opettaja siirtää tietoa opiskelijalle ja opiskelija voi rakentaa saamansa tiedon päälle uutta tietoa. Sama tapahtuu syväoppimisessä esikoulutettujen mallien kohdalla (Alom ja muut, 2019, s. 45).

GPT generoi useilla kielillä kirjoitettuja tekstejä ja luo niistä muun muassa sanoja, lauseita, fraaseja ja jopa kirjoja melkein mistä tahansa aiheesta (Jovanović & Campbell, 2022, s. 107). GPT voi luoda tekstiä millä tahansa kirjoitustyyllillä mukailien esimerkiksi uutisille sopivaa asiatyylillä tai esseiden sisältämää vapaampaa pohdintaa (Jovanović & Campbell, 2022, s. 107). GPT-sovelluksen hienovirittäminen johonkin erityiseen ja haluttuun teemaan on mahdollista (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 63). Wu ja muut (2023, s. 1132) muistuttavat, että on epäselvää, miten GPT sisältää niin valtavan potentiaalisen yhdistelemällä yksinkertaisia algoritmeja, transformereiden rakentamia laajoja kielimalleja ja valtavaa tietomäärää.

Esimerkki GPT menetelmää hyödyntävästä tekoälysovelluksesta on merkittävän roolin akateemisilla ja teollisilla aloilla löytänyt OpenAI:n kehittämä ChatGPT (Wu ja muut, 2023, s. 1122, 1132). Vuonna 2022 esitelty ChatGPT on yksi tekoälyn suurimmista ja viimeisimmistä läpimurroista (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 176). ChatGPT integroi yhteen tekoälyn teknologioita, mikä saa sen toiminnasta monipuolisen (Wu ja muut, 2023, s. 1122). ChatGPT hyödyntää muun muassa luonnollisen kielen käsittelyn -tekniikkaa vastaten käyttäjän kyselyyn luonnollisella keskustelulla (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 176). ChatGPT omaa uskomattoman kyvyn painia kielen ymmärryksen kanssa ja toimia

keskustelutehtävissä, minkä takia se luo mahdollisuuksia eri toimialueille (Wu ja muut, 2023, s. 1122). ChatGPT kykenee muun muassa myöntämään virheet, hylkäämään sopimattomat pyynnöt, tekemään vianmäärityksiä, tekemään yhteenvetoja, kuvaamaan kuvia, syöttämään tekstiä (Wu ja muut, 2023, s. 1122–1123), vastaamaan kysymyksiin ja käymään dialogia (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 176).

ChatGPT:lle on onnistuttu rakentamaan kyky ”muistaa” mitä sovelluksen käyttäjä on aikaisemmin sanonut ja se helpottaa tulevaa keskustelua ja muistuttaa täten ihmisen toimintaa (Wu ja muut, 2023, s. 1122). ChatGPT oppii vuorovaikutuksessa parantaen vastauksiaan ja muuttuen luonnollisemmaksi (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 176–177). Aikaisemmin sanotun muistaminen on osin mahdollistettu *reinforcement learning* -menetelmällä (ks. Alom ja muut, 2019, s. 41–42; Wu ja muut, 2023, s. 1124), mutta Wu ja muut (2023, s. 1132) toteavat olevan osin hämärän peitossa, miten ChatGPT toimii. On tärkeä muistaa, että ChatGPT ei ymmärrä keskustelun sisältöä, vaan se hyödyntää sille opetettuja kielimalleja ennustamalla seuraavat sanat (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 176).

Hinton ja muut (2006, s. 1547) ovat tiedostaneet tarpeen suuremmalle neuroverkolle, jos halutaan kilpailla ihmisen tunnistus- ja keskustelukyvyn kanssa. Tällä hetkellä tuorein sovellusversio, ChatGPT4, ei pysty laajalla neuroverkollaan vastaamaan ihmisen kaltaista toimintaa, koska reaaliaikainen elämänmittainen oppiminen ei sovellukselta onnistu (Wu ja muut, 2023, s. 1131). Nyt ChatGPT ei tiedä mitä tänään on kirjoitettu tietyille verkkosivulle – se tietää vain sen, mikä sille on viimeisimmäksi syötetty. Uusimman ChatGPT version datamäärää ei ole julkaistu, mutta sen edeltäjä tunsikin 45TB dataa (Wu ja muut, 2023, s. 1123). Tästä järjestyttävästä datasta huolimatta sovellus ei kykene ihmisen kaltaiseen toimintaan. Toisaalta sovelluksen omaksuma datamäärä on niin valtava, ettei yksikään ihminen kykenisi omaksuma samaa määrää tietoa (Wu ja muut, 2023, s. 1130–1131). Samalla valtava datan tarve on yksi sovelluksen suurimmista ongelmista, koska järjestelmä pitää opettaa aina tyhjästä uudestaan synnyttäen valtavat kustannukset ja suuren kapasiteetin tarpeen (Wu ja muut, 2023, s. 1130–1131).

3.3 Tekoölyyn liitettyjä haasteita ja ongelmia

Tekoöly on ympäröity kysymyksillä, skeptisyydellä ja pelolla osin sen takia, koska on epäselvää kuka tekoölyä valvoo ja miten se tekee päätöksiä (de Laat ja muut, 2020, s. 269). Maailmaa mietityttää myös tuleeko tekoöly viemään työpaikat (de Laat ja muut, 2020, s. 269). Tekoölyyn liittyy erilaisia mahdollisia vaaroja, jotka voivat aiheuttaa vakavia ongelmia yksilöille ja yhteiskunnalle, joten niistä tulee olla tietoinen ja pyrkiä välttämään niitä (Valle-Cruz ja muut, 2023, s. 354). Esimerkiksi tekoölyn eettistä, osallistavaa ja strategista näkökulmaa tulee pohtia eri alojen asiantuntijoiden avulla (Valle-Cruz ja muut, 2023, s. 353). Tekoölyn täysimääräinen integroiminen työelämään ja sen maksimaalinen hyödyntäminen edellyttää taloudellisten, eettisten ja oikeudellisten vastuiden hallinnointia ennakoinvasti (Morris ja muut, 2023, s. 55).

Jotta tekoöly voi toimia oikeudenmukaisesti, se vaatii massiivisen määrän suodattamattomia tekstiä ja silti vaarana on synteettisen tekstin avulla aiheutettu harmi (Jovanović & Campbell, 2022, s. 110), koska tekoölyn kouluttaminen on epävakaata (Alom ja muut, 2019, s. 36). Jovanović ja Campbell (2022, s. 110) kaavailevat, että tämän estämiseksi voitaisiin hyödyntää muun muassa esikäsittelyitä, koulutuksia, monitorointia ja ohjeiden kehittämistä vastuullisesta mallien kehittämisestä. Harmia voi aiheuttaa myös tekoölyn aikaansaama konemainen ja tunteeton puhe, koska se koetaan vastenmieliseksi (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 12). Tähän haetaan ratkaisua tunnetekoölyn läpimurron kautta (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 12).

Tekoölyn ominaisuuksien ja toimintaperiaatteen vuoksi tekoölyn tuloksia, vääristymiä ja virheitä on vaikea ymmärtää ja ymmärtäminen on osin puutteellista, mikä muodostaa suuren pimeän alueen tekoölyn ylle (Valle-Cruz ja muut, 2023, s. 361). Puutteellisen ymmärtämisen takia tekoöly kykenee huomaamattomasti esimerkiksi manipuloimaan tuloksia tietyn yksilön tai organisaation hyväksi (Valle-Cruz ja muut, 2023, s. 364). Tekoölyn kehittäjien tulisi nostaa esille tunnistettuja uhkia ja sokeita pisteitä (Jovanović & Campbell, 2022, s. 110) sen sijaan, että ihminen omalla toiminnallaan tukisi tekoölyn kykyä manipuloida tuloksia (Valle-Cruz ja muut, 2023, s. 363).

Generatiivisen tekoölyn tuottamaan materiaaliin on vaikea rakentaa mukaan luotettavuutta materiaalin oikeellisuudesta (Jovanović & Campbell, 2022, s. 107), koska kone oppii kaiken sille syötettävän materiaalin eikä se osaa karsia joukosta pois väärää tietoa (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 13). Luotettavuuden kontrolloimisen mahdollisuus olisi käyttäjän kannalta välttämätöntä (Jovanović & Campbell, 2022, s. 107). Luotettavuutta vahvistaisi ja samalla tekoölyn vastuullista käyttöä edistäisi algoritmi-mallien luomisessa käytettävän tiedon määrän ja laadun kriittinen arviointi, mikä lieventäisi algoritmien vääristymiä (Morris ja muut, 2023, s. 55). Toisaalta tekoölyn algoritmeja voidaan silti manipuloida, mikä on ongelma (Valle-Cruz ja muut, 2023, s. 363) luotettavuuden syntymiselle.

Tekoölyn maksimaalinen hyödyntäminen edellyttää eettisen vastuun hallinnointia ennakkoivasti ja tietoisesti (Morris ja muut, 2023, s. 58). Tekoölyn käyttämisen eettisyyttä voidaan edesauttaa sovellusten kehittäjien tavoitteiden määrittämisellä, edunsaajien tunnistamisella ja väärinkäytön ehkäisemisen varmistamisella käyttäjäskenaarioiden avulla (Jovanović & Campbell, 2022, s. 110). Lisäksi kaikkien toimijoiden tulee olla tunnistettavissa, jotta eettisyyttä voidaan vahvistaa (Jovanović & Campbell, 2022, s. 110). Tekoölyn kehittäjiltä pitäisi edellyttää läpinäkyvyyttä sekä tilivelvollisuutta ja heidän pitäisi aktiivisesti toimia riskikäyttäytymistä vastaan (Jovanović & Campbell, 2022, s. 110).

Generatiivinen tekoäly aiheuttaa harmia myös maapallolle, koska tekoälysovellukset tehostuvat jatkuvasti ja niiden vaatima energiamäärä kasvaa samaa tahtia (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 9). Generatiivisen tekoölyn tehokkuus on yksi haaste, koska sen kehittäminen, opettaminen ja käyttäminen aiheuttaa korkeita kustannuksia unohtamatta sen jättämää merkittävää hiilijalanjälkeä (Jovanović & Campbell, 2022, s. 110). Esimerkiksi parhaan luonnollisen kielen tulkinnan menetelmän opettaminen synnyttää hiilidioksidia viiden henkilöauton käyttöiän verran (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 9). Tavoitteena on välttää nämä ongelmat kehittämällä pienoiskoossa toimivia malleja, jotka pystyvät samaan kuin nykyiset sovellukset (Jovanović & Campbell, 2022, s. 110).

Valloillaan on myös vahva pelko siitä, että lähitulevaisuudessa tulee olemaan tekoälysovelluksia, jotka pystyvät suorittamaan tehtäviä ihmisiä nopeammin ja tarkemmin (Holzmann ja muut, 2022, s. 446). Jos tekoäly pystyy olemaan auttavainen ja prosessoi- maan enemmän tietoa kuin ihminen ja antamaan parempia vastauksia, työntekijät saatavat antaa tekoälylle enemmän valtaa ja vastuuta (Seeber ja muut, 2020, s. 7). Tekoälylle annettu vastuu syrjäyttää ihmisiä ja tämä vahvistaa pelkoa koneiden vallan laajentumi- sesta (Seeber ja muut, 2020, s. 8). Toisaalta tekoälyä hyödyntävältä tiimiltä voidaan odot- taa enemmän tuloksia, mikä kasvattaa ihmisiltä vaadittua työpanosta (Seeber ja muut, 2020, s. 8). Pietikäinen ja Silvén (2019, s. 22) muistuttavat, että todellisiin laajoihin on- gelmiin ratkaisujen etsiminen tekoälyllä saa haut laskennallisesti liian raskaaksi, koska neuroverkkojen solmukohtien määrä kasvaa liikaa. Tekoäly ei voi korvata ihmisen työpa- nosta kaikkialla eikä pirullisten ongelmien käsittelemässä, koska se ei löydä itsenäisesti ratkaisuja laajoihin ongelmiin, kuten Pietikäinen ja Silvén (2019, s. 22) toteavat.

3.4 Yhteenveto

Tekoäly on koneen älykästä toimintaa (Yuxiang ja muut 2020, s. 722) eli Roger Schankin mukaan tietokoneen toteuttamaa nopeaa laskentaa (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 206–207). Tekoäly luokittelee sujuvasti tilastollisten ominaisuuksien avulla etsien vastauksia sille annettuihin syötteisiin (Adami, 2021, s. 135). Nopean laskennan, älykkään toiminnan, luokittelun ja tilastollisten ominaisuuksien kautta tekoäly pystyy hakemaan vastauksia ihmisen sille antamiin syötteisiin sen omien rajoitusten mukaisesti. Tekoälyn sulavaa hyödyntämistä arjessa rajoittaa muun muassa sen kyvyttömyys sovittaa asioita nykyhetkeen (Adami, 2022, s. 135–136) ja ymmärtää keskustelun sisältö aidosti (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 176).

Generatiivisen tekoälyn etuna on sen kyky luoda tietoa, jota sille ei ole ennalta opetettu (Abukmeil ja muut, 2021, s. 26). Esimerkiksi ChatGPT kykenee oppimaan vuorovaikutuksessa, mutta siitä huolimatta se ei kykene ymmärtämään keskustelun sisältöä vaan se ennustaa seuraavat sanat sille opettujen kielimallien kautta

(Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 176). Generatiivisen tekoälyn kyky yhdistellä sen oppiman valtavan datamäärän erilaisia tiedostomuotoja (Janiesch ja muut, 2021, s. 688), saa sen saavuttamaan useissa tehtävissä parempia tuloksia kuin ihmiset (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 154). Muun muassa siksi on perusteltua tarkastella generatiivisen tekoälyn mahdollisuuksia pirullisten ongelmien kontekstissa, jotka haastavat ihmisiä päivittäin. Syväoppivat järjestelmät, joita generatiivinen tekoäly hyödyntää, ovat LeCunin ja muiden (2015, s. 436) mukaan hyödyllisiä moniulotteisten asiakokonaisuuksien äärellä, jollaisiksi pirulliset ongelmat voidaan määritellä (ks. Rittel & Webber, 1973; ks. Conklin, 2006).

4 Tutkimusmenetelmät ja aineiston kerääminen

Juutin ja Puusan (2020a, Johdanto) mukaan tutkijan oletukset tutkittavan ilmiön luonteesta ja siitä, miten ilmiötä kannattaa tutkia, näkyvät tutkimusmenetelmien valintoina. Tässä tutkimuksessa valintoja ohjaamassa ovat monitulkintaiset pirulliset ongelmat sekä laajan kontekstin tekoäly. Hirsjärven ja muiden (2015, s. 261) mukaan tutkimuksessa käytetyt menetelmät on kuvattava läpinäkyvästi, jotta tutkimusta lukiessa voidaan arvioida sen luotettavuutta. He tiivistävät, että on tärkeää kuvata mitä tutkimuksessa on tehty ja miten tutkimus on suoritettu, joten tässä kappaleessa avataan tutkimuksen kulku.

Aluksi käydään läpi tutkimuksen lähtökohtia perustellen päätymistä kvalitatiiviseen tutkimusotteeseen ja kirjallisuuskatsaukseen. Seuraavaksi kuvataan erilaiset kirjallisuuskatsausten tyypit perehtyen syvällisemmin tässä tutkimuksessa käytettyyn traditionaaliseen kirjallisuuskatsaukseen. Tämän jälkeen käydään läpi toteutettu aineiston keruu, aineiston analyysimenetelmä ja sen toteuttaminen. Edellä mainittujen vaiheiden kuvaamisen tärkeyttä Hirsjärvi ja muut (2015, s. 261–262) korostavat.

4.1 Tutkimuksen lähtökohdat

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, voidaanko pirullisten ongelmien käsittelyssä hyödyntää generatiivista tekoälyä, mikä vaatii monisäikeisten ilmiöiden tarkastelua ja synteessin luomista niiden välille. Tämän mahdollistaa kvalitatiivinen tutkimusote, koska se tukee tosiasioiden löytämistä tutkittavasta ilmiöstä ja sen avulla voidaan tarkastella pirullista ongelmaa ja generatiivista tekoälyä kokonaisvaltaisesti sekä erikseen että yhdessä (ks. Hirsjärvi ja muut, 2015, s. 161). Kvalitatiivinen tutkimus mahdollistaa tutkittavan ilmiön erilaisten näkökulmien tarkastelun (Juuti & Puusa, 2020a, Johdanto), mikä on välttämätöntä, kun halutaan saavuttaa yhteys monitulkintaisten pirullisten ongelmien ja generatiivisen tekoälyn välille. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa on tarkoitus Hirsjärven ja muiden (2015, s. 161) mukaan kuvata todellista elämää huomioiden sen moninaisuus ja tapahtumien vaikutukset toisiinsa. Tässä tutkimuksessa on tarkoituksenmukaista kuvata

generatiivisen tekoälyn ja pirullisten ongelmien vaikutuksia toisiinsa unohtamatta monipuolisten vaihtoehtojen mahdollisuutta. Kokonaisvaltaisen lähestymistavan pohjalta yksityiskohtainen tieto on kvalitatiivisen tutkimuksen tavoitteena (Juuti & Puusa, 2020a, Johdanto). Kvalitatiivisen tutkimusotteen avulla voidaan saavuttaa rikas ja laaja selvitys generatiivisen tekoälyn hyödyntämispotentiaalista ja sen ongelmista pirullisten ongelmien käsittelyssä. Tutkimuksen tarkoituksena on päästä pintaa syvemmälle monimutkaisuuden maailmaan.

Tässä tutkimuksessa tutkittavia ilmiöitä kuvataan aikaisemman tutkimuksen valossa, mikä tekee tutkimusotteesta hermeneuttisen, joka on yleistä kvalitatiivisessa tutkimuksessa (Juuti & Puusa, 2020a, Johdanto). Hermeneuttinen lähestymistapa mahdollistaa tutkimuskysymysten löytämisen laajemmalta alalta (Greenhalgh ja muut, 2018, s. 4). Tutkimuksessa tavoitellaan syvällisten tulkintojen tekemistä, mikä mahdollistuu hermeneuttisessa kehässä, jolla tarkoitetaan syvällisen aiheeseen perehtymisen jälkeen saavutettua korkeaa tietämyksen tasoa (Juuti & Puusa, 2020a, Johdanto).

Tutkimuksessa käsiteltäviä aiheita eli pirullisia ongelmia ja generatiivista tekoälyä on tutkittu runsaasti erikseen, mutta niitä yhdistävää tutkimusta on niukasti. Synteesin muodostaminen näiden välille vaatii syvällisyyttä, mikä mahdollistuu laadukkaasti kirjallisuuskatsauksen avulla, joka tavoittelee kattavaa tutkimuskysymykseen vastaamista välttämättä pinnallista laveutta (Vilka, 2023, luku 2.1.1). Kokoamalla yhteen aikaisempien tutkimusten tuloksia (Green ja muut, 2006, s. 102–103; Gregory & Denniss, 2018, s. 893) kirjallisuuskatsauksella voi rakentaa kokonaiskuvan tarkasteltavasta asiakokonaisuudesta Baumeister ja Leary (1997, s. 312) täsmentävät. On perusteluta koota yhteen näiden kahden tutkittavan ilmiön välistä yhteyttä kirjallisuuskatsauksen avulla, jossa tutkittavia ilmiöitä lähestytään perusteellisesti tehdyn analyttisen työn kautta (ks. Salminen, 2011, s. 5). Perusteellinen analyttisyys mahdollistaa synteesin luomista toisistaan vahvasti teollisesti erillään olevien tutkittavien ilmiöiden välille.

Kirjallisuuskatsauksen avulla voidaan kunnianhimoisesti rakentaa uusia teorioita tai kehittää jo olemassa olevia teorioita tai arvioida niitä (Baumeister & Leary, 1997, s. 312). Salminen (2011, s. 2) lisää, että kirjallisuuskatsauksella voidaan luoda myös uutta käsitteistöä. Koska tutkittavien aiheiden yhteyttä ei ole vahvasti tieteellisesti osoitettu, tämä tutkielma pyrkii rakentamaan kehikkoa, jonka pohjalta uutta teoriaa pystytään kehittämään. Tämä tutkimus tarjoaa kootun kokonaisuuden generatiivisen tekoälyn mahdollisuuksista ja haitoista pirullisten ongelmien käsittelyssä. Nyt tutkimuksen teemaa koskeva tieto on hajallaan omissa artikkeleissaan, joten on syytä koota yhteen aikaisemmin tehdyt tutkimuksia kirjallisuuskatsauksen avulla, kuten Green ja muut (2006, s. 102) kuvaavat katsauksen periaatetta. Yksi kirjallisuuskatsauksen keskeisimmistä annista on laadukkaista tutkimuksista koottu tietopaketti, jota voidaan hyödyntää tarvittaessa (Cook ja muut, 2000, s. 376–377). Tämä kirjallisuuskatsaus voi auttaa löytämään uusien työkalujen äärelle pirullisten ongelmien käsittelyssä.

4.2 Traditionaalinen kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsaus voidaan toteuttaa erilaisilla metodeilla, joita ovat traditionaalinen kirjallisuuskatsaus, jota kutsutaan myös narratiiviseksi, perinteiseksi tai ei-strukturoiduksi kirjallisuuskatsaukseksi sekä systemaattinen kirjallisuuskatsaus, joka voi sisältää meta-analyysin keinoja (Green ja muut, 2006, s. 102–103; Gregory & Denniss, 2018, s. 893). Jatkossa tässä tutkimuksessa käytetään selvyuden vuoksi aina traditionaalisen kirjallisuuskatsauksen käsitettä esimerkiksi narratiivisen kirjallisuuskatsauksen sijasta. Greenhalgh ja muut (2018, s. 2, 4) muistuttavat, että kaikilla kirjallisuuskatsausten tyypeillä on vahvuutensa ja heikkoutensa ja ne palvelevat selkeästi eri tarkoituksia. Tässä tutkimuksessa kirjallisuuskatsauksen metodi on valittu tukemaan tutkittavan ilmiön piirteitä ja tukemaan tutkimuksen tarkoitusta mahdollisimman hyvin. Tukeakseen tähän tutkimukseen tehtyä metodista valintaa, seuraavaksi esitellään edellä mainitut kirjallisuuskatsauksen tyypit lyhyesti. Samalla perustellaan, miksi tässä tutkimuksessa on päädytty traditionaaliseen kirjallisuuskatsaukseen.

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus esittää tuloksia kapea-alaisesti ja tiivistää (Greenhalgh ja muut, 2018, s. 2; Salminen, 2011, s. 9) tutkittavan ilmiön aikaisempien tutkimusten sisällön kiinnittäen huomion aineistonkeruutekniikkaan (Cook ja muut, 2000, s. 376). Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa vaaditaan aineistonkeruussa toistettavissa olevaa hakuprosessia (Booth ja muut, 2020, s. 5; Hiebl, 2023, s. 231; Cook ja muut, 2000, s. 377). Tiukkojen aineistonkeruusääntöjen myötä Greenhalghin ja muiden (2018, s. 3) mukaan vaarana on tulosten vääristyminen ja monimuotoisuuden menettäminen, jos sen avulla tutkitaan menetelmälle sopimatonta aihetta. On perusteltua, että systemaattinen kirjallisuuskatsaus ei tue tämän tutkimuksen tarkoitusta, koska sen kapea-alaisuus jättää ulkopuolelle monipuolisuuden mahdollisuuden, mikä on keskeistä tässä tutkimuksessa. On muistettava, että tietyille tutkittaville ilmiöille systemaattinen kirjallisuuskatsaus on ideaalisin menetelmä (Greenhalgh ja muut, 2018, s. 3) ja tiukat säännöt mahdollistavat objektiivisemmän kirjallisuuskatsauksen (Cook ja muut, 2000, s. 376).

Meta-analyysiä käytetään yleensä systemaattisen kirjallisuuskatsauksen osana (Hiebl, 2023, s. 384), jonka tavoitteena on tuottaa yleistettäviä tosiasioita ennustamisen tueksi (Greenhalgh ja muut, 2018, s. 3). Meta-analyysin erilaiset menetelmät keskittyvät tutkittavan ilmiön kokonaiskuvan luomiseen tulkitsemalla yhtäläisyyksiä ja eroja tarkan protokollan mukaisesti laskennan avulla (Salminen, 2011, s. 12–13). Meta-analyysissä huomioidaan tutkittavaa ilmiötä käsittelevien vertaisarvioitujen tutkimusten tuloksia, jotka analysoidaan yhdistämällä tai tiivistämällä ne tilastollisilla menetelmillä (ks. Gregory & Dennis, 2018, s. 894; ks. Cook ja muut, 2000, s. 376). Tässä tutkimuksessa ei tavoitella määrällisten tietojen saavuttamista, joten tämä menetelmä olisi väärä valinta.

Traditionaalinen kirjallisuuskatsaus mahdollistaa tutkittavasta ilmiöstä tulkinnan tekemisen, kritiikin esittämisen ja se tavoittelee ymmärryksen syventämistä (Greenhalgh ja muut, 2018, s. 2), mikä vastaa tämän tutkimuksen tarkoitusta. Traditionaaliselle kirjallisuuskatsaukselle tyypillistä on ilman tarkkoja sääntöjä laadittu yleiskatsaus, johon käytetään laajoja aineistoja, joiden valintaa eivät rajaa tiukat säännöt eli se kuuluu kevyemmän metodin piiriin (Salminen, 2011, s. 6–7). Tarkkojen ohjelmien puuttuminen

(Gregory & Denniss, 2018, s. 893) mahdollistaa ilmiön laajan kuvaamisen ja väljemmän tutkimuskysymysten asettelun (Salminen, 2011, s. 6). Tämä johtaa monipuolisempiin tuloksiin, mikä palvelee tämän tutkimuksen tarkoitusta. Tässä tutkimuksessa tavoitteena on kahden toisistaan tieteellisesti irrallaan olevan teeman yhdistäminen ja Freemanin (1984, s. 10) mukaan traditionaalinen kirjallisuuskatsaus mahdollistaa epäyhtenäisen tiedon järjestämisen. Tässä tutkimuksessa on tarkoituksenmukaista hyödyntää traditionaalista kirjallisuuskatsausta, jonka avulla kartoitetaan laajasti olemassa olevaa tietoa luoden synteisiä teemojen välille. Salmisen (2011, s. 7) mukaan traditionaalinen kirjallisuuskatsaus tähtää johdonmukaisuutta noudattaen ytimekkääseen yhteenvetoon, mikä on tavoiteltavaa tässä tutkimuksessa.

Traditionaalinen kirjallisuuskatsaus saa kritiikkiä systemaattisuuden puutteesta, koska tutkimuksesta ei välttämättä tule ilmi onko siinä hyödynnetty uusinta ja oleellisinta tutkittavaan ilmiöön liittyvää aineistoa (Hiebl, 2023, s. 231). Greenhalgh ja muut (2018, s. 3) muistuttavat, että myös traditionaalisen kirjallisuuskatsauksen toteuttaminen vaatii systemaattisuutta. Looginen rakenne (Gregory & Denniss, 2018, s. 896) ja hyvien metodien läpinäkyvä käyttäminen on oleellista hyvässä traditionaalisessa kirjallisuuskatsauksessa (Green ja muut, 2006, s. 103). Greenhalghin ja muiden (2018, s. 3) mukaan traditionaalisessa kirjallisuuskatsauksessa on tärkeää kuvata tarkasti toteutettu aineistonkeruu, siihen liittyvät valinnat ja johtopäätöksiin johtava analysointi.

Greenhalghin ja muiden (2018, s. 2) mukaan systemaattinen kirjallisuuskatsaus saateen tulkita tutkijapiireissä traditionaalista kirjallisuuskatsausta paremmaksi koska tutkimuskysymys on kohdennetumpi, ne ovat metodologisesti selkeämpiä ja ne eivät todennäköisesti ole yhtä puolueellisia. Toisaalta heidän mukaansa traditionaalinen kirjallisuuskatsaus on usein väärinymmärretty tai se hylätään ilman perusteltuja syitä. Green ja muut (2006, s. 101) korostavat, että huolellisesti valmistettu ja tehty traditionaalinen kirjallisuuskatsaus voi saavuttaa arvokkaan aseman kirjallisuudessa. Tyypillisesti kaikkien kirjallisuuskatsausten tulee olla systemaattisia, selkeitä ja toistettavissa, mutta systemaattisen kirjallisuuskatsauksen kohdalla nämä vaatimukset ovat keskiössä (Booth ja

muut, 2020, s. 89). Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa keskitytään vastaamaan alussa asetettuihin tutkimuskysymyksiin kerätystä aineistosta luodulla yhteenvedolla (Greenhalgh ja muut, 2018, s. 2). Traditionaalinen kirjallisuuskatsaus on tarpeellinen metodi tutkimuksissa, joissa halutaan saada laaja näkökulma tutkittavaan ilmiöön (Cook ja muut, 2000, s. 378), mitä tässä tutkimuksessa tavoitellaan.

4.3 Aineiston kerääminen

Tutkimuskysymys ohjaa valintoja aineiston hakuprosessissa ja laajalla tutkimuskysymyksellä voidaan tukea laajojen näkökulmien löytymistä, mikä on traditionaalisen kirjallisuuskatsauksen tavoite (Vilka, 2023, luku 2.1.1). Tässä tutkimuksessa on asetettu tarkoituksenmukaisesti sopivan laajat tutkimuskysymykset, jotta aineistosta voidaan löytää erilaisia näkökulmia tutkittavaan ilmiöön ja onnistutaan luomaan synteesiä pirullisen ongelman ja generatiivisen tekoälyn välille. Aineiston hakuprosessi on suoritettu tutkimuskysymykset jatkuvasti mielessä. Vilkan (2023, luku 2.2.1) mukaan aineiston hakuprosessin, valinta- ja poissulkukriteereiden kuvaaminen on keskeistä kirjallisuuskatsauksessa ja ne kuvataan seuraavaksi mahdollisimman läpinäkyvästi. Näin lukija pystyy toistamaan tutkimuksessa tehdyt haut samantyyppisiksi (Green ja muut, 2006, s. 109). Toisaalta traditionaalinen kirjallisuuskatsaus sallii väljimmän asettelun aineiston kohdalle eikä sen seuloimiselta vaadita ehdotonta tarkkuutta (Vilka, 2023, luku 1.2.1, luku 1.5), mikä vaikeuttaa lukijan mahdollisuutta toistaa tehdyt haut.

Tämän tutkimuksen aineisto muodostuu vertaisarvioituista kansainvälisistä artikkeleista, joiden saatavuus on osoittautunut kohtuulliseksi. Tutkimuksessa tiedostetaan, että maksuurien taakse jää merkittävää materiaalia kuten Vilka (2023, luku 2.1.3, luku 2.2.1) muistuttaa ja toteaa, että toisaalta internetin esteettömyyden ansiosta vertaisarvioitujen artikkeleiden saatavuus on korkealla tasolla. Vertaisarvioimattomat artikkelit jätettiin aineiston ulkopuolelle. Tässä tutkimuksessa aineistoon mukaan luettiin suomeksi tai englanniksi kirjoitetut artikkelit, mutta suomeksi kirjoitettua tutkimusta teemasta ei tavoitettu. Valittu kielirajaus on tehty käytännön syistä tiedostaen, että muun kielisiä

ansioituneita artikkeleita on jäänyt tarkastelun ulkopuolelle, mikä kaventaa tutkimuksen näkökulmia (ks. Salminen, 2011, s. 33–34) ja aiheuttaa puutteita tutkimuksen aineistoon (Vilka, 2023, luku 1.1.2). Toisaalta aineiston artikkeleiden kirjoittajina on useiden maiden kansalaisia, mikä rikastuttaa aineistoa. Aikarajausta poissulkumielessä ei ole tehty, mikä laajentaa aineistoa ja koska on selvää, että generatiivista tekoälyä koskevat artikkelit ovat kohtuullisen tuoreita.

Booth ja muut (2022, s. 135) muistuttavat aineiston hakuprosessin kattavista sivupolut huomioivista muistiinpanoista. Tässä tutkimuksessa kuvataan aineiston hakuprosessi muistiinpanoihin nojautuen mahdollisimman aukottomasti, koska se vahvistaa kirjallisuuskatsaukselta vaadittua kriittisyyttä ja läpinäkyvyyttä (ks. Vilka, 2023, luku 1.5). Laaja aineistohaku on toteutettu useiden artikkelitietokantojen avulla, jotta tutkimuskysymyksiin vastauksia antava riittävän laaja ja mielekäs aineisto on saatu kerättyä (ks. Vilka, 2023, luku 2.1.1). Keskeisimmät tietokannat, joista aineistoa löytyi, olivat: ScienceDirect, Sage Journals Online, Scopus ja Taylor & Francis. Aineistohakua toteutettiin myös muun muassa seuraavissa tietokannoissa: Wiley Online Library, SpringerLink, IEEE Xplore, Finna ja Emerald Journals. Aineiston artikkelit on koottu johtavista kansainvälisistä lehdistä, jotka ovat Salmisen (2011, s. 31) mukaan yksi keskeisin lähdeaineisto kirjallisuuskatsauksessa.

Aineistohaussa on kiinnitetty huomiota käytettyjen hakusanojen monipuolisuuteen ja osuvuuteen (ks. Vilka, 2023, luku 2.1.1; ks. Green ja muut, 2006, s. 109). Tutkimuksessa on pyritty löytämään tutkittavien ilmiöiden synonyymit, jotta tärkeitä tutkimuksia ei rajaudu ulkopuolelle (Green ja muut, 2006, s. 109). Pirullisen ongelman osalta aineistohaussa käytettiin muun muassa hakusanoja: ”wicked problem”, ”wicked issue”, ”complex problem”, ”complex problem solving”, ”Rittel & Webber” ja ”Conklin”. Suomeksi vastavia hakusanoja olivat ”pirullinen ongelma”, ”viheliäinen ongelma” ja ”ilkeä ongelma”. Generatiivisen tekoälyn osalta aineistoa haettiin muun muassa seuraavilla hakusanoilla: ”generative artificial intelligence”, ”generative pre-trained transformer”, ”artificial neural networks”, ”AI”, ”artificial intelligence”, ”machine

learning”, ”chatbot”, ”Goodfellow” ja ”McCarthy”. Suomeksi vastaavia hakusanoja olivat: ”tekoäly”, ”syväoppiminen”, ”keinoäly”, ”neuroverkko”, ”generatiivinen tekoäly” ja ”chattibotti”. Hakusanoja yhdisteltiin Boolean operaattoreilla (AND ja OR) muodostaen erilaisia hakulausekkeita. Useissa tietokannoissa käytettiin useampia hakulausevariaatioita aineiston laajentamiseksi, minkä takia hakuprosessi olisi haastava kuvata esimerkiksi PRISMA-kaaviossa. Esimerkki yhdestä käytetystä hakulauseesta on (”complex problem solving” OR ”wicked problem”) AND (chatbots OR ”artificial intelligence” OR ”generative artificial intelligence” OR AI), jota käytettiin Sage Journals Online -tietokannassa saaden hakutuloksia 138 kappaletta.

Tässä tutkimuksessa on hyödynnetty löydettyjen artikkeleiden lähdeluetteloita sopivilta osin aineiston laajentamisessa tiedostaen, että näiden sivupolkujen läpinäkyvä kuvaaminen tutkimusraportissa on haastavaa. Vilkka (2023, luku 2.1.2) muistuttaa, että tämä saattaa johtaa harmaaseen kirjallisuuteen, mutta toteaa, että lähdeluetteloiden hyödyntäminen on luonteva tapa aineiston täydentämiseen. Tässä tutkimuksessa harmaan kirjallisuuden pariin ei hakeuduttu artikkeleiden lähdeluetteloista, koska perinteisesti kirjallisuuskatsauksessa käytetään vertaisarvioituja tutkimusartikkeleita (ks. Hiebl, 2023, s. 248; ks. Vilkka, 2023, luku 1.3). Traditionaalisen kirjallisuuskatsauksen sallimasta väljästä aineistosta huolimatta, mikään ei estä huomion kiinnittämistä aineiston laatuun. Vilkka (2023, luku 1.3) varoittaa, että alkuperäiset artikkelit eivät välttämättä ole antoisia tutkittavan aiheen kannalta traditionaalisessa kirjallisuuskatsauksessa, mutta tässä tutkimuksessa aineistohaussa löytyneiden vertaisarvioitujen artikkeleiden antoisuus tutkittavaan ilmiöön on arvioitu riittäväksi.

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa tutkija kerää aineiston päämäärähakuisesti tutkimuksen tavoitteiden mukaisesti (Juuti & Puusa, 2020b, luku III). Tämä mielessä pitäen aineistosta poissuljettiin artikkelit, jotka käsitelivät tekoälyä pirullisena ongelmana tai keskittyivät kuvaamaan jotain erityisen spesifiä teemaa kuten tekoälyn hyödyntämisen pirullisuutta neurokirurgiassa. Päämäärähakuisuuden lisäksi Juuti ja Puusa (2020a, Johdanto) korostavat aineiston keräämisessä erilaisuuden huomioimista, mikä on keskeisessä roolissa

kvalitatiivisessa tutkimuksessa luomassa erilaista perspektiiviä tutkittavaan ilmiöön. Heidän mukaansa erilaisuuden löytäminen vaatii herkkyyttä aineiston haussa ja analysoinnissa. Tämän mukaisesti aineiston haussa on kiinnitetty huomiota erilaisuuteen ja ongelmien huomioimiseen, mikä antaa vastauksia tutkimuksen toiseen tutkimuskysymykseen eli siihen, mitä haasteita generatiivisen tekoälyn hyödyntäminen tuo mukanaan pirullisten ongelmien käsittelyyn.

Hakutuloksien artikkeleita on käyty läpi ensin otsikoiden, avainsanojen ja tiivistelmien avulla poissulkien teemaa koskemattomat artikkelit aineiston ulkopuolelle. Tämän jälkeen on luettu valikoituneiden artikkeleiden koko tekstit ja kuusi artikkelia poissulkeutui aineiston ulkopuolelle tässä vaiheessa, koska ne eivät antaneet tutkimuskysymyksiin vastauksia. Lopullinen aineisto koostuu seitsemästätoista (17) artikkelista, jotka on eroteltu lähdeluettelosta tähdellä.

4.4 Teoriaohjaava sisällönanalyysi ja sen eteneminen

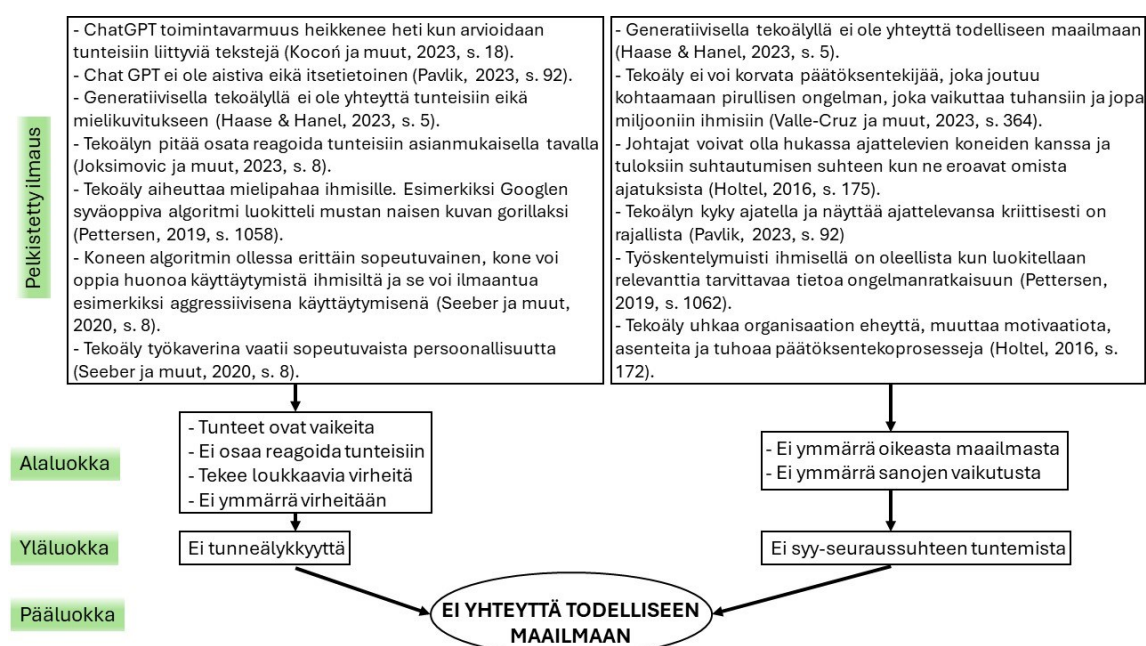
Kvalitatiivisissa tutkimuksissa yleisimmin sovelletaan sisällönanalyysiä aineiston käsittelyssä, koska se soveltuu erilaisiin tutkimuksiin (Puusa, 2020, luku 9). Sisällönanalyysin avulla voidaan kirjallisuuskatsauksessa toteuttaa luokittelua (Tuomi & Sarajärvi, 2002/2018, luku 4.5), jolloin aineisto saadaan jäsenneltyä selkeään ja pelkistettyyn muotoon (Puusa, 2020, luku 9). Lopputuloksena on tiivistys tutkimustuloksista (Tuomi & Sarajärvi, 2002/2018, luku 4.5), joista täytyy tehdä tulkintoja (Puusa, 2020, luku 9). Sisällönanalyysi voidaan toteuttaa esimerkiksi aineistolähtöisesti, teorialähtöisesti tai teoriaohjaavasti ja lähestymistapa tulee valita asetetun tutkimustavoitteen mukaisesti (Puusa, 2020, luku 9). Tehty valinta sisällönanalyysitavasta ottaa kantaa teoreettisen viitekehyksen rooliin (Puusa, 2020, luku 9). Näistä teorialähtöinen lähestymistapa korostaa teorian roolia aineiston analysoinnissa ja aineistolähtöisessä lähestymistavassa teoria ei ohjaa analyysia vaan teoria rakennetaan aineistosta (Tuomi & Sarajärvi, 2002/2018, luku 4.2). Teoriaohjaava lähestymistapa sijoittuu näiden välille (Puusa, 2020, luku 9), mikä sopii parhaiten tämän tutkimuksen analyysimenetelmäksi, koska siinä on kysymys

abduktiivisesta päättelystä (Puusa, 2020, luku 9). Teoriaohjaava lähestymistapa ja abduktiivinen päättely edellyttävät luovaa aineiston ja taustalla vilahtelevan teorian yhdistelemistä analyysiprosessin aikana, mikä mahdollistaa uudenlaisten ajatusurien aukomisen (Tuomi & Sarajärvi, 2002/2018, luku 4.2). Uudenlainen ilmiöiden yhdisteleminen on tämän tutkimuksen tavoite. Valmiin teorian ohjaama analyysi ei toimisi tässä tutkimuksessa, koska tavoitteena on onnistua tarkastelemaan generatiivisen tekoälyn mahdollisuuksia uudessa kontekstissa eli pirullisissa ongelmissa.

Aineiston analyysi tulee pyrkiä toteuttamaan ja kuvaamaan systemaattisesti, avoimesti ja perustellusti, koska se muodostaa tehdyn tulokinnan luotettavuuden tason (Puusa, 2020, luku 9), joten seuraavaksi kuvataan aineiston analyysin etenemisen vaiheet. Tiivistetyksi kuvattuna aluksi aineisto on pilkottu osiin, joista on muodostettu synteisiä luokittelemalla ja etsimällä samankaltaisuuksia kooten aineisto uudelleen kasaan esille nouseiden luokkien kautta (ks. Puusa, 2020, luku 9). Esille nousseet luokat antavat vastauksia asetettuihin tutkimuskysymyksiin.

Aineiston keräämisen jälkeen olen lukenut ja uudelleen lukenut aineiston tehden niistä muistiinpanoja jakaen ne kahteen eri luokkaan tutkimuskysymyksiäni perusteella, mikä Greenin ja muiden (2006, s. 110) mukaan helpottaa ilmausten yhteen keräämistä. Tämän jälkeen olen lukenut muistiinpanoja toistuvasti ja toteuttanut aineiston pelkistämisen eli redusoinnin (ks. Tuomi & Sarajärvi, 2002/2018, luku 4.4.3) pilkkomalla aineiston osiin etsien tutkimuskysymysten kannalta oleelliset ilmaisut karsien epäolennaisen pois (Puusa, 2020, luku 9). Pelkistetyt ilmaukset kokosin listoiksi kahden tutkimuskysymyksen alle menettämättä mitään alkuperäisistä ilmauksista (Tuomi & Sarajärvi, 2002/2018, luku 4.4.3). Seuraavaksi luin pelkistettyjä ilmauksia ja uudelleen luin niitä, kunnes esille nousi selkeitä erillisiä luokkia eli aineistosta löytyi luokkia ymmärrykseni mukaisesti (ks. Tuomi & Sarajärvi, 2002/2018, luku 4.2). Yhdistelin esille nousevia yksityiskohtia löytyneiden luokkien alle eli toteutin klusteroinnin eli yhdistelin samankaltaisuudet (Tuomi & Sarajärvi, 2002/2018, luku 4.4.3). Toteutin yhdistelyä mielessä hahmottuvan kokonaisuuden ja teoreettisen viitekehyksen ohjaamana (Puusa, 2020, luku 9). Näin muodostuneet

kategoriat ovat alustavia kuvauksia tutkittavasta ilmiöstä (Puusa, 2020, luku 9). Jatkoin aineiston jäsentelyä muodostamalla kategorioille ala- ja yläluokat (Tuomi & Sarajärvi, 2002/2018, luku 4.4.3). Lopuksi kategorioille muodostettiin pääluokat, jotka kuvaavat aineiston abstrahointia eli käsitteellistämistä, mikä tarkoittaa havaintojen yleistä yhdistämistä (Tuomi & Sarajärvi, 2002/2018, luku 4.4.3). Edellä kuvattu prosessi eli aineistoanalyysi näkyy kuviossa 2, jossa on kuvattu esimerkki yhdestä aineistosta muodostuneesta luokasta. Kuvion 2 kaltaiset kuviot on koottu kaikista aineistosta esille nousseista luokista.



Kuvio 2. Esimerkki aineistoanalyysistä yhdestä esille nousseesta pääluokasta.

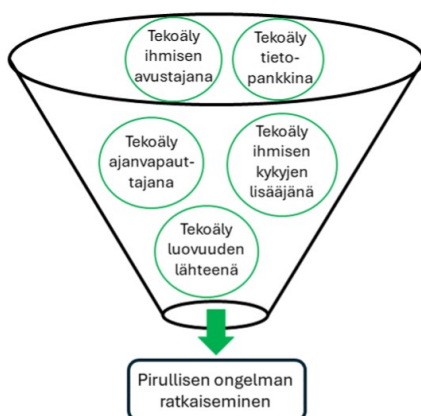
Teoriaohjaavan sisällönanalyysin ja abstrahoinnin lopputuloksena on erotettu tutkimuskysymysten mukaisesti tekoälyn erilaisia rooleja tukemassa ja haastamassa pirullisten ongelmien käsittelyä. Kuviossa 2 tulee esille yksi tekoälyn rooleista (ei yhteyttä todelliseen maailmaan), joka tekoälyn mukana olemisen myötä haastaa pirullisten ongelmien käsittelyä.

5 Generatiivisen tekoälyn mahdollisuudet ja haasteet pirullisten ongelmien käsittelemisessä

Tässä luvussa kuvataan analyysin tulokset jaettuna ne kahteen alakuun tutkimuskysymysten mukaisesti. Luku 5.1. kuvaa tulokset generatiivisen tekoälyn rooleista tukemassa pirullisten ongelmien käsittelyä. Luku 5.2. kuvaa generatiivisen tekoälyn haasteita pirullisten ongelmien käsittelyssä. Tuloksia tarkastellaan teoreettisen viitekehyksen tukena luoden synteesiä generatiivisen tekoälyn ja pirullisen ongelman käsittelemisen välille. Tuloksista korostuu, että tekoälyn ja ihmisen välinen yhteistyö on tärkeää, mutta sitä on kehitettävä niiden välisen vuorovaikutuksen kautta (de Laat ja muut, 2020, s. 269).

5.1 Generatiivisen tekoälyn roolit tukemassa pirullisten ongelmien käsittelyä

Kuvio 3 tiivistää ensimmäisen tutkimuskysymyksen vastaukset. Kuviossa 3 vihreiden pallojen sisällä olevat generatiivisen tekoälyn roolit sujahtavat helposti suppilon pyöreästä aukosta auttaakseen pirullisen ongelman ratkaisemisessa. Seuraavaksi käsitellään kuviossa 3 näkyvät roolit tarkastellen niitä teoreettisen viitekehyksen kautta.



Kuvio 3. Viisi generatiivisen tekoälyn roolia tukemassa pirullisten ongelmien käsittelyä.

Ihmisen avustajana generatiivinen tekoäly voi toimia (Joksimovic ja muut, 2023, s. 7; Pavlik, 2023, s. 92) ja apu on tärkeää pirullisten ongelmien ratkaisemisessa, koska niiden ratkaiseminen ei ole yksin tehtävää työtä (Molnár & Greiff, 2023, s. 14; Roberts, 2000, s. 2). Generatiivinen tekoäly voi tukea pirullisten ongelmien lähestymistä muun muassa tarjoamalla yksilöllisiä näkemyksiä (Joksimovic ja muut, 2023, s. 2) ja tietoon perustuvia suosituksia (Holzmann ja muut, 2022, s. 445). Generatiivisen tekoälyn apu erilaisten mielipiteiden ja suositusten esille nostajana on arvokasta pirullisten ongelmien käsittelemisessä, koska ne ovat monitulkintaisia (ks. Vartiainen ja muut, 2013, s. 28) eikä pirullista ongelmaa voi lähestyä vain yhdellä tavalla (Daviter, 2017, s. 572). Generatiivisen tekoälyn kyky tarjota suosituksia ja näkemyksiä pirullisten ongelmien ratkaisemiseen perustuu sen taitoon käsitellä valtavaa datamäärää tavoilla, joihin ihminen ei kykene (Wu ja muut, 2023, s. 1130–1131). Se kykenee muun muassa käsittelemään, tarkistamaan (Haase & Hanel, 2023, s. 6; Pavlik, 2023, s. 92), tutkimaan, esittämään ja tilastoimaan tietoa (Joksimovic ja muut, 2023, s. 4) ihmisen aivokapasiteetin ylittämästä tietomäärästä (Wu ja muut, 2023, s. 1123, 1130–1131).

Ihmiseen verrattuna ylivertaisten tiedonkäsittelytaitojen ansiosta generatiivinen tekoäly kykenee auttamaan ihmistä tunnistamaan syntyviä malleja päätöksenteon tueksi (Joksimovic ja muut, 2023, s. 2) pirullisten ongelmien käsittelyssä. Generatiivisen tekoälyn taitojen ansiosta se voi toimia tiimikaverina, jolla on ylivoimainen tiedonkäsittelytaito (Seeber ja muut, 2020, s. 9) ja se voidaan nähdä väsymättömänä lisäresurssina pirullisten ongelmien ratkaisemisessa. Lisäresurssit ovat tarpeen pirullisten ongelmien käsittelemisessä, koska niiden ratkaiseminen päättyy ulkoisten resurssien kuluessa loppuun (Conklin, 2006, s. 14; Rittel & Webber, 1973, s. 162). Näin ollen generatiivinen tekoäly voi onnistua edesauttamaan pirullisen ongelman ratkaisuvaihtoehtojen etsimisessä ja toimintamallien pohtimisessa, mikä on Conklinin (2006, s. 11) mukaan välttämätöntä pirullisten ongelmien parissa, koska se auttaa pirullisen ongelman luonteen kuvaamisessa.

Yhteistyö ja yhteistoiminta generatiivisen tekoälyn ja ihmisen välillä on tärkeää (de Laat ja muut, 2020, s. 269; Joksimovic ja muut, 2023, s. 7), koska se voi tukea pirullisen ongelman ratkaisemisen edellyttämän verkoston laajentumista (ks. Daviter, 2017, s. 576; ks. Weber & Khademian, 2008, s. 337–338; ks. Rittel & Webber, 1973, s. 159, 166). De Laat ja muut (2020, s. 272) korostavat, että erityisesti tiimipohjainen työskentelymuoto tekoälyn ja ihmisten välillä onnistuu tukemaan pirullisten ongelmien ratkaisemista ja päätöksentekoa. Yhteistyön merkitys on oleellista, koska se auttaa hallitsemaan pirullisia ongelmia (Weber & Khademian, 2008, s. 334) ja synnyttämään välttämättömiä mielivaltaisia ajatuksia ja näkökulmia (Rittel & Webber, 1973, s. 159, 166). Valle-Cruzin ja muiden (2023, s. 364) mukaan tekoäly voi puolestaan tarjota läpinäkyviä, kehittyneitä, tarkkoja ja pitkälle automatisoituja työkaluja päätöksenteon parantamiseksi pirullisen ongelman käsittelemisessä. De Laat ja muut (2020, s. 272) muistuttavat, että työkalujen käyttämisen tulee olla helppoa ja niiden turvallisuuteen on voitava luottaa.

Joksimovic ja muut (2023, s. 1) nostavat esille, että tekoälyn kehittyneet algoritmit, parantuneet laskentajärjestelmät ja hajautettu infrastruktuuri mahdollistavat paremman yhteistyön tekoälyn ja ihmisen välille. Heidän mukaansa (2023, s. 7) generatiivisen tekoälyn ja ihmisen välistä yhteistyötä voi hyödyntää esimerkiksi suunnittelussa, luovassa työssä ja oppimisessa, joita edellytetään pirullisten ongelmien ratkaisemisessa (ks. Roberts, 2000, s. 16; ks. Vartiainen ja muut, 2013, s. 28). Suunnittelu, luova työ ja oppiminen ovat tärkeitä asioita pirullisen ongelman ratkaisemisen prosessissa, koska jokainen ratkaisu aiheuttaa aina ennustamattomissakin olevia heijastevaikutuksia (Pretorius, 2017, s. 191; Weaver ja muut, 2023, s. 1). Lisäksi generatiivinen tekoäly kykenee luonnolliseen kielen käyttöön vuorovaikutuksessa ihmisen kanssa (Seeber ja muut, 2020, s. 9) eli se kykenee keskustelemaan, jonka kautta se kykenee ohjaamaan sekä kontrolloimaan (Joksimovic ja muut, 2023, s. 4). Tämä on oleellinen ominaisuus tekoälylle pirullisten ongelmien käsittelemisen näkökulmasta koska siinä edellytetään aktiivista ajatusten vaihtamista (ks. Lindell ja muut, 2014, s. 94–95; ks. Vartinen ja muut, 2013, s. 46). Esimerkiksi ChatGPT kykenee tähän

interaktiivisuutensa ansiosta vastaten takaisin sille esitettyihin kysymyksiin (Kocoń ja muut, 2023, s. 14).

Tekoäly kykenee keräämään laajan tietopohjan (Holzmann ja muut, 2022, s. 443–444), mikä on välttämätöntä pirullisten ongelmien käsittelemisessä (Molnár & Greiff, 2023, s. 2; Weber & Khademian, 2008, s. 337). Generatiivinen tekoäly hyödyntää tiedon keräämisessä suurta datamäärää (Haase & Hanel, 2023, s. 6) ja se kykenee käsittelemään valtavia tietomääriä tiivistäen eri lähteistä saadun tiedon reaaliaikaisesti (Joksimovic ja muut, 2023, s. 2; ks. Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 154). Pirullisen ongelman ratkaisemissa tämä apu on keskeistä, koska jo pelkkä tiedon kerääminen kuluttaa ihmisen resursseja (Conklin, 2006, s. 20). Toisaalta tietoa on kerättävä runsaasti, koska Rittelin ja Webberin (1973, s. 161) mukaan heti alkuun pitäisi koota tyhjentävä luettelo pirullisen ongelman ratkaisuvaihtoehdoista, mikä luo yksityiskohtaisemman kuvan pirullisesta ongelmasta. Generatiivinen tekoäly pystyy vastaamaan tähän tarpeeseen, koska sen avulla onnistutaan keräämään nopeasti runsas ja osuva tietopaketti (Seeber ja muut, 2020, s. 7). Nopea tiedon esille nostaminen edesauttaa pirullisen ongelman käsittelyprosessin etenemistä. LeCun ja muut (2015, s. 436) korostavat, että juuri valtavia tietomääriä tarvitsevien ja moniulotteisten asiakokonaisuuksien, kuten pirullisten ongelmien, äärellä syväoppivat tekoälyjärjestelmät ovat hyödyllisiä. Järjestelmien sisältämä datamäärä on niin valtava, ettei ihminen voisi omaksua samaa (Wu ja muut, 2023, s. 1130–1131).

Lisäksi generatiivisella tekoälyllä on vaikuttava tietämys historiasta (Pavlik, 2023, s. 92) ja se kykenee käsittelemään myös strukturoimatonta tietoa (Joksimovic ja muut, 2023, s. 2). Nämä tukevat tekoälyn kykyä hahmottaa runsaasti täsmällistä ja luotettavaa tietoa nopeasti työelämässä (Joksimovic ja muut, 2023, s. 1; Seeber ja muut, 2020, s. 7). Historian tietämys ei kuitenkaan tue pirullisten ongelmien käsittelyä (Lindell ja muut, 2014, s. 95), koska se johtaa samankaltaisuuksien tarkasteluun ja syrjäyttää yksityiskohtaiset eroavaisuudet, joita ilmenee aina pirullisissa ongelmassa (Rittel & Webber, 1973, s. 165). Historiaan tuijottaminen on väärä tapa lähestyä pirullista ongelmaa (Lindell ja muut, 2014, s. 95), koska ongelmat ovat todellisuudessa yhteensopimattomia (Rittel & Webber,

1973, s. 165). Tästä huolimatta tekoälyn kyky esittää tieto kirjallisessa muodossa inhimillisyyttä muistuttavalla tavalla (Pavlik, 2023, s. 92) tukee pirullisten ongelmien käsittelyä, koska pirullinen ongelma ei ole koskaan määriteltävissä vain yhdellä tavalla, joten tietoa ei voi olla liikaa (Conklin, 2006, s. 14). Lisäksi pirullisten ongelmien käsittelyssä yhtenäisen tiedonsiirto, tiedon välittyminen ja integroiminen verkoston sisällä on välttämätöntä (Weber & Khademian, 2008, s. 344). Tässä tiedon välittämisessä generatiivinen tekoäly osaa auttaa toimintansa monipuolisuutensa vuoksi, mikä on erilaisten tekoälyteknologioiden yhdistämisen ansiota (Wu ja muut, 2023, s. 1122).

Rutiinityön väheneminen ja ajan vapautuminen mahdollistuvat kun generatiivista tekoälyä käytetään apuvälineenä (Ardichvili, 2022, s. 79). Se voi esimerkiksi korvata tekniisiin taitoihin perustuvat toiminnot (Holzmann ja muut, 2022, s. 445). Ajan vapautuminen rutiininomaisista tehtävistä luo mahdollisuuksia keskittää ihmisen energia vaativiin kognitiivisiin (Ardichvili, 2022, s. 80) ja kompleksisiin luovuutta vaativiin tehtäviin (Haase & Hanel, 2023, s. 5), jollaiseksi pirullisen ongelman ratkaiseminen voidaan määritellä (ks. Conklin, 2006; ks. Rittel & Webber 1973). Luovuuteen ja kompleksisiin tehtäviin tarvitaan jopa resurssien loppumiseen asti aikaa käsiteltäessä vaikeasti tulkittavia pirullisia ongelmia, joille ei ole olemassa oikeita tai väärä ratkaisuja (Rittel & Webber, 1973, s. 161–164).

Generatiivisen tekoälyn suorittaessa sille soveltuvia rutiininomaisia tehtäviä, ihmisiltä vapautunutta aikaa voidaan käyttää esimerkiksi verkoston ihmissuhteiden hallinnointiin (Holzmann ja muut, 2022, s. 445). Syntynyt mahdollisuus keskittyä ihmissuhteisiin on oleellista pirullisten ongelmien ratkaisemisessa, koska niihin lyödään tavoitteiden mukaisesti antoisammin vaihtoehtoisia ratkaisuja kehittyneissä avoimissa verkostoissa (Daviter, 2017, s. 576; Lindell ja muut, 2014, s. 95; McCune ja muut, 2023, s. 1518; Weaver ja muut, 2023, s. 6; Weber & Khademian, 2008, s. 336). Konkreettisemmin ajateltuna esimerkiksi projektipäällikkö kykenee syventymään enemmän pehmeisiin taitoihin kuten konfliktinratkaisun soveltamiseen ja viestintään (Holzmann ja muut, 2022,

s. 445). Samanaikaisesti generatiivinen tekoäly suorittaa väsymättömästi ja johdonmukaisesti teknisempiä töitä (Ardichvili, 2022, s. 87).

Lisäksi tekoälyn nopeus tiedon käsittelyssä (Ardichvili, 2022, s. 87) vapauttaa ihmisen aikaa muuhun ja edesauttaa pirullisen ongelman ratkaisuprosessin etenemistä. Nopean tiedonkäsittelyn mahdollistavat ennennäkemättömän suuri datamäärä, kehittyneet algoritmit, parantuneet laskentajärjestelmät ja hajautettu infrastruktuuri (Joksimovic ja muut, 2023, s. 1). Algoritmit tunnistavat mahdollisia sekvenssejä päämäärän saavuttamiseksi ja löytävät optimaalisia ratkaisuja tietyissä olosuhteissa (Holzmann ja muut, 2022, s. 439). Vaikka generatiivinen tekoäly kykenee vapauttamaan ihmisen aikaa muuhun tuottamalla valtavan määrän ulostuloa lyhyessä ajassa (Haase & Hanel, 2023, s. 2), ihminen tekee lopulta valinnan mitä ulostuloista lähdetään seuraamaan ja toteuttamaan (Haase & Hanel, 2023, s. 2). Generatiivinen tekoäly ei korvaa ihmisen työpanosta päätöksentekijänä varsinkaan kompleksisissa ja epävarmoissa tilanteissa (Jarrahi, 2018, s. 577) eli pirullisten ongelmien kohdalla. Tekoälyn nopea ulostulojen tuottaminen päämäärän mukaisesti ei ainakaan kuluta päättymättömän pirullisen ongelman ratkaisemiseen käytettävissä olevia rajallisia resursseja (ks. Conklin, 2006, s. 14; ks. Rittel & Webber, 1973, s. 162).

Generatiivinen tekoäly lisää ihmisten kykyjä eli se kykenee muuhunkin kuin kapea-alaiseen automatisointiin ja rutiinityöhön (Joksimovic ja muut, 2023, s. 2). Tekoäly osaa laajentaa ihmisen kognitiota käsiteltäessä kompleksisuutta (Jarrahi, 2018, s. 577) ja sen avulla voidaan löytää yllätyksellisiäkin vaihtoehtoja pirullisten ongelmien ratkaisemiseen, joita Rittelin ja Webberin (1973, s. 164) mukaan tarvitaan. Pirullisten ongelmien ratkaisemisessa tekoälyn hyödyntäminen painottuu sen kognitiiviseen osaamiseen ja tuen antamiseen (Joksimovic ja muut, 2023, s. 1–2), jossa se hyödyntää sille koulutettua historiatietoa ja välimuistia (Ahmad ja muut, 2022, s. 1, 12–13). Esimerkiksi generatiivinen tekoäly kykenee kirjoittamaan tehtävänantoa vastaavan hiotun tekstin (Joksimovic ja muut, 2023, s. 10) ja suorittamaan älykkäitä päätöksentekoprosesseja (Holzmann ja muut, 2022, s. 439) eri aloilla yhdistelemällä sen ominaisuuksia (Joksimovic ja muut,

2023, s. 4). Täytyy kuitenkin muistaa, että tekoälyn tarjoama kognitiivinen apu on vain niin hyvää kuin sen omaavat tiedot sallivat (Morris ja muut, 2023, s. 55), koska tekoälyjärjestelmälle kohdistetaan kouluttamisen kautta tietty tehtävä ja jokainen niistä on opetettava erikseen (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 160). Näin ollen, jotta tekoäly kykenisi olemaan paras kognitiivinen tuki pirullisen ongelman ratkaisemisessa, tekoälyjärjestelmä pitäisi ohjelmoida jopa jokaista erillistä pirullista ongelmaa varten, koska yksikään niistä ei ole samanlainen (ks. Conklin, 2006, s. 17–18; ks. Rittel & Webber, 1973, s. 163). Toisaalta syvä neuroverkko oppii hyvin kompleksisia asioita useiden kerrosten ansiosta (LeCun ja muut, 2015, s. 436), joten sitä hyödyntävä GPT-sovellus on mahdollista hienovirittää (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 63) pirullisten ongelmien käsittelemiseen.

Seeber ja muut (2020, s. 7) sekä Jarrahi (2019, s. 181) väittävät tekoälyn saavuttavan laadukkaampia ja tarkempia päätöksiä ihmisen päätöksiin verrattuna. Todellisuudessa ihmisen älykkyys on omassa luokassaan ajattelussa, päättelyssä, innovoinnissa sekä uuden tiedon ja assosiaatioiden luomisessa (Joksimovic ja muut, 2023, s. 5). Pirullisen ongelman ratkaisemisessa keskiössä ovat ihmisen älykkyuden ominaisuudet, mikä näkyy esimerkiksi epälineaarisessa ongelmanratkaisumallissa. Mallissa korostuu pirullisen ongelman määrittelemisen ja ratkaisuvaihtoehtojen etsiminen yhtäaikaaisesti (Lundström & Mäenpää, 2020, luku 2; Rittel ja Webber, 1973, s. 161) joustavassa ja jatkuvasti etenevässä prosessissa (Conklin, 2006, s. 11–12). Generatiivinen tekoäly osaa tukea pirullisen ongelman ratkaisemisen edellyttämää ihmisen älykkyyttä laajentamalla ihmisen oppimista ja kehittämällä ammatillista osaamista (de Laat ja muut, 2020, s. 267) esimerkiksi inhimillisten ja käsitteellisten taitojen muodossa (Holzmann ja muut, 2022, s. 445). Generatiivisen tekoälyn tukiessa näiden taitojen kehittymistä ihmisellä, se palvelee kompleksisten pirullisten ongelmien ratkaisemista.

Generatiivinen tekoäly voi luoda itsenäisesti luovia ratkaisuja (Joksimovic ja muut, 2023, s. 4; Seeber ja muut, 2020, s. 8), joten pirullisten ongelmien ratkaisemisessa generatiivinen tekoäly voi estää ratkaisun hakemista omasta kapeasta kokemusmaailmasta (ks. Roberts, 2000, s. 2–3). Tämä voi tukea parempiin ratkaisuihin

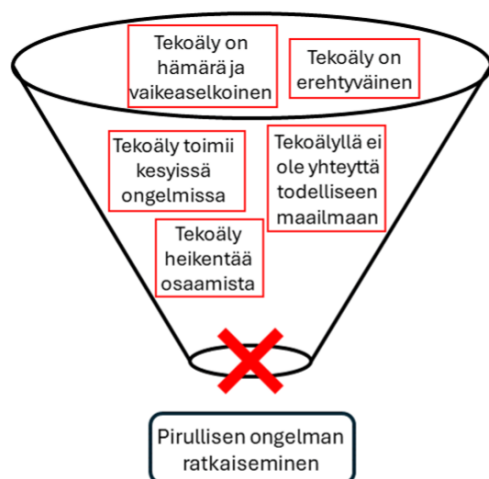
päätymistä (ks. Roberts, 2000, s. 2–3). Esimerkiksi ChatGPT kykenee tarjoamaan useita luovia vaihtoehtoja, koska se on yleistietävä ja pystyy useisiin asioihin (Kocoń ja muut, 2023, s. 14). Joksimovicin ja muiden (2023, s. 5) mukaan generatiivinen tekoäly on arvokas tiimin jäsen ihmisen luovuuden edistäjänä, vaikka taitavimmat ihmiset osaavat Haasen ja Hanelin (2023, s. 4) tutkimuksen mukaan nimetä generatiivista tekoälyä enemmän luovia käyttötarkoituksia arkisille esineille. Generatiivinen tekoäly voi kuitenkin onnistua tukemaan näkemysten laajentumista ollen kuin yksi ihminen tiimissä (ks. Seeber, 2020, s. 9). Generatiivinen tekoäly voi esimerkiksi keskustelun kautta (Wu ja muut, 2023, s. 1122) auttaa ajatusten herättämisessä ja ideoiden rikastuttamisessa (Haase & Hanel, 2023, s. 6), mikä on välttämätöntä pirullisen ongelman käsittelyssä (Weber & Khademian, 2008, s. 337–338). Tekoälyn hyödyntäminen tiimissä saa siitä monipuolisemman, mikä antaa Holtelin (2016, s. 172) mukaan paremmat mahdollisuudet pirullisten ongelmien ratkaisemiseen. Generatiivinen tekoäly tiimin jäsenenä voi mahdollistaa oivalluksien syntymisen, mikä parhaimmillaan tukee pirullisen ongelman luonteen syvällisempää ymmärtämistä (ks. Vartiainen ja muut, 2013, s. 46).

Pirullisten ongelmien ansioitunut ratkaiseminen ja määrittelemisen edellyttää omaperäistä luovuutta (Conklin, 2006, s. 18), koska jo pelkkiä selityksiä niiden olemassaololle on loputtomasti (Rittel & Webber, 1973, s. 166). Haase ja Hanel (2023, s. 5) korostavat generatiivisen tekoälyn kykyä kilpailla ihmisen ideointitaitojen kanssa. Sopivissa määrin eriävien mielipiteiden esille nouseminen synnyttää arvokkaita innovaatioita pirullisten ongelmien ratkaisemiseen (Roberts, 2000, s. 6), mutta liiallista kilpailuasetelmaa tulee välttää, koska se vähentää ongelmaratkaisuprosessin hedelmällisyyttä (Lindell ja muut, 2014, s. 96). Generatiivisen tekoälyn kyky kilpailla ihmisen ideointitaitojen kanssa on mahdollista, koska ChatGPT:lle jää jälki siitä, mitä käyttäjä on sille aikaisemmin sanonut (Wu ja muut, 2023, s. 1122). Eli se oppii vuorovaikutuksen kautta, vaikka se ei ymmärrä keskustelun sisältöä (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 176–177).

Täytyy muistaa, että generatiivinen tekoäly tuottaa ideansa ihmisen antamien syötteiden perusteella (Haase & Hanel, 2023, s. 5), joten ne voivat vaikuttaa tekoälyn luovuuteen. Haasen ja Hanelin (2023, s. 5) mukaan generatiivisen tekoälyn tuottamat ideat ovat kuitenkin keskimäärin yhtä omaperäisiä kuin ihmisten tuottamat ideat samasta aiheesta ovat lukuunottamatta älykkäimpien ihmisten omaperäisimpiä suoriutumisia. Generatiivinen tekoäly kykenee myös keräämään luovasti yhteen näkemyksiä, joista se osaa erotella erimielisyyksiä perustellen niitä tiedolla (Seeber ja muut, 2020, s. 8). Tämä on ensiarvoisen tärkeää pirullisten ongelmien määrittelyssä ja ratkaisemisessa.

5.2 Generatiivisen tekoälyn käyttämiseen liittyvät haasteet pirullisten ongelmien käsittelyssä

Kuvio 4 tiivistää toisen tutkimuskysymyksen tulokset. Kuviossa 4 punaisissa laatikoissa olevat generatiivisen tekoälyn haasteet eivät pääse sujuvasti suppilosta ulos auttaakseen pirullisten ongelmien ratkaisemisessa. Jokainen kuviossa näkyvä haaste käsitellään tässä kappaleessa erikseen yhdistellen tuloksia tutkimuksen teoreettiseen viitekehykseen.



Kuvio 4. Generatiivisen tekoälyn viisi haastetta pirullisten ongelmien käsittelyssä.

Toistettavien kesyjen ongelmien kohdalla tekoäly toimii paremmin kuin pirullisten ongelmien parissa (Ardichvili, 2022, s. 88) koska se on erityisen hyvä normalisoinnissa,

loogisessa tunnistamisessa ja toiminnassa (Joksimovic ja muut, 2023, s. 5). Tekoälyn hyödyntämispotentiaali nähdään vahvimpana muun muassa aikataulujen laatimisessa ja kustannusten tarkastelussa koska nämä perustuvat kvantitatiivisiin tietoihin ja siksi voivat hyötyä eniten tietokoneavusteisista analyyseistä (Holzmann ja muut, 2022, s. 440). Rationaaliset rutiinit ja selkeän lopun omaavat kesyt ongelmat (Roberts, 2000, s. 1) sopivat tekoälyn käsiteltäviksi. Tekoälyn ja ihmisen välinen sujuva yhteistyö on haastavaa toteuttaa strukturoimattomien tehtävien kohdalla, koska niitä on vaikea automatisoida (Ardichvili, 2022, s. 88). Pirullisen ongelman käsittelemisen tueksi tarvitaan muutokset, ailahtelevuuden ja uusiutumisen salliva menetelmä (Mackenzie ja muut, 2006, s. 156), mutta tekoäly ei kykene tarjoamaan tällaista intuitiivista lähestymistapaa pirullisten ongelmien käsittelyyn (Jarrahi, 2018, s. 577). Generatiivisen tekoälyn hyödyntäminen pirullisten ongelmien käsittelyssä on ongelmallista myös siksi, koska algoritmien oivallukset syntyvät arvioimalla tapahtumien samankaltaisuutta, mikä vahvistaa olemassa olevia näkemyksiä ja estää ennakkoluulotonta ajattelua (Seeber ja muut, 2020, s. 8). Pirulliset ongelmat eivät ole keskenään samankaltaisia vaan jokainen niistä on uusi ja uniikki, joten samankaltaisuuksista syntyvät ideat johtavat ongelman liialliseen yleistämiseen (Conklin, 2006, s. 17–18).

Pirullisen ongelman kohdalla ongelma on huomioitava kokonaisuutena ja jokainen siihen vaikuttava osa tulee pyrkiä huomioimaan ja niiden vaikutuksia kokonaisuuteen on tarkasteltava (Vartiainen ja muut, 2013, s. 24). Erilaisia ulottuvuuksia on tutkittava, koska pirullisten ongelmien asiayhteydet ovat laajoja ja tietoa pitää saada useista lähteistä (Ahmad ja muut, 2022, s. 1). Tekoäly ei pysty kokonaisuuksien kartoittamiseen ja ulottuvuuksien vaikutusten arviointiin, koska se vaatii monimutkaisten ongelmien purkamista pieniksi ja vähemmän kompleksisiksi tehtäviksi (Ahmad ja muut, 2022, s. 1; Ardichvili, 2022, s. 85, 88). Tekoälyn tapa pilkkoa ongelma paloiksi vastaa pirullisen ongelman kesyttämistä, mikä ei auta ratkaisemaan sitä, vaan se johtaa jopa entistä vaikeampaan tilanteeseen (Churchman, 1967, s. 141–142; Conklin, 2006, s. 22–23; Daviter, 2017, s. 579; Rittel & Webber, 1973, s. 161, 165).

Tekoäly kamppailee kompleksisuuden kanssa (Pettersen, 2019, s. 1060) ja esimerkiksi ChatGPT kohtaa nopeasti omat rajoitteet tilanteen kompleksisuuden kasvaessa (Tao & Xu, 2023, s. 8). Moniulotteiselle pirulliselle ongelmalle tyypillistä on se, että kaikkia skenaarioita ratkaisuvaihtoehdoista ei osata edes kuvitella tai keksiä (Conklin, 2006, s. 18) ja juuri tällaisia tilanteita tekoälyn on vaikea hallita (Pettersen, 2019, s. 1064). Pirullista ongelmaa ratkaistaessa pitää nähdä asioiden kontekstuaalinen ja sosiaalinen ympäristö, joiden tarkasteluun ei ole olemassa yleispäteviä sääntöjä tai ratkaisuja (Pettersen, 2019, s. 1058). Tämän korvaaminen generatiivisella tekoälyllä on vaikeaa, koska ilman ongelmanratkaisun sääntöjä tekoäly on vaikeuksissa (Pettersen, 2019, s. 1058). Haastavammissa ja käytännöllisemmissä tehtävissä esimerkiksi ChatGPT epäonnistuu useammin kuin yksinkertaisissa tapauksissa (Kocoń ja muut, 2023, s. 18) koska strukturoimattomien tehtävien automatisoiminen on vaikeaa (Ardichvili, 2022, s. 88). Jaksimovicin ja muiden (2023, s. 2) mukaan tekoäly ei kykene tällä hetkellä tukemaan pirullisen ongelman käsittelemistä affektiivisesta, metakognitiivisesta tai sosiaalisten prosessien näkökulmasta. Pirullisen ongelman monitulkintaisuuden vuoksi ongelmaa pitää lähestyä moniparametrisesti, mikä edellyttää tekoälyn arkkitehtuurilta moniulotteisuutta, jotta ratkaisu pirulliselle ongelmalle voidaan löytää tekoälyn avulla (Ahmad ja muut, 2022, s. 1–2).

Generatiivinen tekoäly on erehtyväinen (Morris ja muut, 2023, s. 56) koska sen tietämyksen laajuus ja syvyys ovat rajallisia (Pavlik, 2023, s. 92) jo sen vuoksi, koska tekoäly ei tiedä mitä tänään on kirjoitettu tietyille verkkosivulle (Wu ja muut, 2023, s. 1123). Esimerkiksi ChatGPT ei ole mestari missään tehtävässä, koska se on koulutettu yleiseksi osaajaksi eli tekemään useita asioita, mikä johtaa epätarkkuuteen ja laadun heikkenemiseen (Kocoń ja muut, 2023, s. 14,18). Toisaalta epäonnistuminen ja erehtyminen ovat vaihtoehtoja pirullisen ongelman ratkaisemissa sen kompleksisen luonteen vuoksi (Lundström & Mäenpää, 2020, luku 2) eikä kyseessä ole ammattitaidottomuus (Lindell ja muut, 2014, s. 95). Miksei tekoälykin saisi pirullisen ongelman kohdalla erehtyä kuten ihminen? Vartiainen ja muut (2013, s. 28) muistuttavat, että erehtyminen pitää osata hyväksyä. Tarkan tietokannan luominen on haastavaa, koska tekoälyjärjestelmän tiedon laatu määrää algoritmin mallin laadun ja ne määräävät

sovelluksen tekemät johtopäätökset (Morris ja muut, 2023, s. 56). Toisaalta tekoälyn rajallisuuden ja epätarkkuuden vuoksi sen hyödyntämispotentiaali pirullisen ongelman käsittelemisessä on kyseenalaista, koska rajallisen tiedon omaavan joukon hyödyntäminen pirullisen ongelman ratkaisemisessa kaventaa näkökulmia ja johtaa pirullisen ongelman kesyttämiseen (ks. Roberts, 2000, s. 16).

Tekoäly voidaan nähdä myös ulkopuolisena asiantuntijana, jonka hyödyntämisessä pirullisen ongelman käsittelyssä pitää olla erityisen varovainen, koska ongelmanratkaisu voi pitkittyä ja estyä (Roberts, 2000, s. 16) pintapuolisen tarkastelun vuoksi (Vartiainen ja muut, 2013, s. 123). Ulkopuolisen asiantuntijan roolin välttäminen vaatii tekoälyn osaavaa käyttämistä (de Laat ja muut, 2020, s. 268), koska ilman sitä taitoa siitä hyötyminen on mahdotonta (Holtel, 2016, s. 172). Ihmisen osallistuminen on ratkaisevan tärkeää tekoälylle laadittavan kehyksen muodostamisessa (Haase & Hanel, 2023, s. 6). Tekoälylle pitää osata antaa oikeanlainen ja asianmukainen ohjeistus, jotta se kykenee vastamaan haluttuun asiaan (Joksimovic ja muut, 2023, s. 10). Ihmisen on kyettävä kirjoittamaan tekoälylle syöte, joka parhaiten edustaa luovan haasteen ydintä, johon ollaan hakemassa vastauksia (Haase & Hanel, 2023, s. 2). Ihmisen aktiivinen rooli tekoälyä hyödyntäessä korostuu myös tietyn tekoälyn antaman ulostulon valinnassa ja valitun ratkaisun toteuttamisessa (Haase & Hanel, 2023, s. 6). Samoin pirullisen ongelman kohdalla loputtomista ratkaisuvaihtoehdoista arvioidaan ja valitaan se paras mahdollinen ratkaisu toteutettavaksi (Conklin, 2006, s. 18) ja tätä samaa arviointia ihmisen tulee toteuttaa hyödyntäessään tekoälyä.

Yhteys todelliseen maailmaan puuttuu generatiiviselta tekoälyltä (Haase & Hanel, 2023, s. 5), joten se ei kykene ymmärtämään pirullisen ongelman jokaisen ratkaisun aiheuttamia seuraamuksia ympäristölle (Rittel & Webber, 1973, s. 159; Weber & Khademian, 2008, s. 336). Seuraamusten tarkastelu kuuluu oleellisesti pirullisen ongelman jatkuvan prosessin luonteeseen (Vartiainen ja muut, 2013, s. 27), mihin generatiivinen tekoäly ei kykene koska se ei osaa sovittaa asioita nykyhetkeen (Adami, 2012, s. 135–136). Lisäksi generatiivisen tekoälyn kyky ajatella tai näyttää ajattelevansa kriittisesti on rajallista

(Pavlik, 2023, s. 92), joten se ei välitä seuraamuksista. Näin ollen se ei voi korvata päätöksentekijää, joka joutuu todellisuudessa kohtaamaan pirullisen ongelman ja sen vaikutukset tuhansiin ja jopa miljooniin ihmisiin (Valle-Cruz ja muut, 2023, s. 364). Jotta tekoäly voisi korvata ihmisen pirullisten ongelmien ratkaisussa, pitäisi saada kehitettyä vahva tekoäly, joka kykenee automaattisesti luomaan kuvan maailmasta, jossa parhaillaan ollaan (Adami, 2021, s. 135) ja sen tulisi olla itsestään tietoinen (Pietikäinen & Silvén, 2023, s. 19–20).

Ajattelevien koneiden ja sen syöttämiin tuloksiin suhtautuminen voi tuottaa haasteita niiden ollessa erilaisia omien ajatusten kanssa (Holtel, 2016, s. 175), joten tekoälyä työkaverina käyttävältä vaaditaan sopeutuvaista persoonallisuutta (Seeber ja muut, 2020, s. 8). Tätä vaaditaan myös pirullisen ongelman käsittelijöiltä, koska jokainen tarkastelee ratkaisuvaihtoehtoja omasta arvomaailmastaan ja toisen mielestä ratkaisu voi olla huonompi ja toisen mielestä parempi (Conklin, 2006, s. 17). Tekoäly osaa kuitenkin aiheuttaa mielipahaa ihmisille kuten nähtiin tapauksessa, jossa Googlen syväoppiva algoritmi luokitteli mustan naisen kuvan gorillaksi (Pettersen, 2019, s. 1059). Todellisuudessa tekoäly ei tiedä mitään sille syötetystä kohteesta (Adami, 2021, s. 135) ja vaarana on synteettisellä tekstillä aiheutettu harmi (Jovanović & Campbell, 2022, s. 110), kuten edellä kuvattu esimerkki osoittaa. Koneen algoritmin ollessa erittäin sopeutuvainen, kone voi oppia huonoja tapoja ihmisiltä ja se voi ilmaantua esimerkiksi aggressiivisena käyttäytymisenä (Seeber ja muut, 2020, s. 8), mikä vie arvokkaan hedelmällisyyden pirullisen ongelman ratkaisuprosessista (Lindell ja muut, 2014, s. 96). Pahimmillaan tekoäly uhkaa organisaatioiden eheyttä, se muuttaa motivaatiota, asenteita ja tuhoaa päätöksentekoprosesseja (Holtel, 2016, s. 172).

Tekoäly ei kykene luokittelemaan ongelmanratkaisun kannalta relevanttia tietoa ihmisen tavoin työskentelymuistin kautta (Pettersen, 2019, s. 1062) koska se ei ymmärrä sille syötettyä edellistä sanaa (Alom ja muut, 2019, s. 28). Samoin sen toimintavarmuus heikkenee heti kun arvioidaan tunteisiin liittyviä tekstejä (Kocoń ja muut, 2023, s. 18), koska sillä ei ole yhteyttä tunteisiin eikä mielikuvitukseen (Haase & Hanel, 2023, s. 5).

Esimerkiksi ChatGPT ei ole itsetietoinen eikä aistiva (Pavlik, 2023, s. 92), mutta tekoälyltä odotetaan osaamista reagoida tunteisiin asianmukaisella tavalla (Joksimovic ja muut, 2023, s. 8). Taitoa reagoida tunteisiin ja ymmärtää tunteita tavoitellaan tunnetekoälyn läpimurron kautta (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 12). Tunnetekoälyn sulava toiminta olisi pirullisten ongelmien käsittelyssä tärkeää, koska Vartiaisen ja muiden (2013, s. 46) mukaan ongelmat ja niiden ratkaisut koskettavat laajasti ihmisiä sidosryhmiä myöten, joissa asiat herättävät tunteita laidasta laitaan.

Hämärä ja vaikeaselkoinen kompleksinen päättely kuvaavat generatiivisen tekoälyn algoritmien ulostuloja (Morris ja muut, 2023, s. 56) ja niihin tulee suhtautua kriittisesti (Joksimovic ja muut, 2023, s. 10). Generatiivisen tekoälyn päätösten tekeminen on epäselvää (de Laat ja muut, 2020, s. 269). Koneoppimisen ja syvien neuroverkkojen hyödyntämät ”mustat laatikot” ovat tekniikan asiantuntijoillekin vaikeita tai mahdottomia ymmärtää eli tekoälyn päättymistä tiettyyn ulostuloon ei voida täysin jäljittää (Kokina & Davenport, 2017, s. 120). ”Mustan laatikon” kohdalla on lähes mahdotonta hahmottaa miten tekoäly pääsi johtopäätöksenä (Morris ja muut, 2023, s. 56), joten sen tuloksia, vääristymiä ja virheitä on vaikea ymmärtää (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 12). Tekoälyn ratkaisuprosessien jäljittämättömyys ja tulosten vaikea ymmärrettävyys sumentavat entisestään pirullisten ongelmien käsittelyprosessia, mikä ei ole toivottavaa koska Rittelin ja Webberin (1973, s. 163) mukaan pirullisten ongelmien kohdalla osa pelkistä toteutettujen ratkaisujen seurauksista jäävät piiloon.

Tekoäly saattaa selittää päättelynsä riittämättömästi ihmiselle, mikä voi johtaa väärinymmärryksiin ja kasvattaa vaatimusta kognitiiviselle ponnistelulle korjatakseen väärinymmärryksen (Seeber ja muut, 2020, s. 8). Pirullisen ongelman kohdalla pyrkimys korjata väärinymmärrys voi olla mahdotonta, koska Lindellin ja muiden (2014, s. 93) sekä Lundströmin ja Mäenpään (2020, luku 2) mukaan pirullinen ongelma on ehtinyt jo muuttua muotoaan jopa vaikeammaksi. Toisaalta epäonnistuminen on vaihtoehto pirullisen ongelman ratkaisemiselle (Lundström & Mäenpää, 2020, luku 2; Roberts, 2000, s. 16), joten tekoälyltä ei ehkä tarvitse odottaa täyttä selkeyttä ja läpinäkyvyyttä. Joka tapauksessa

koneen ja ihmisen välille pitäisi löytää luottamus (Joksimovic ja muut, 2023, s. 7), mikä on haastavaa tekoälyn jäljittämättömissä olevan työn ja selittämättömän päättelyn vuoksi.

Luotettavuus materiaalin oikeellisuudesta auttaisi luottamuksen rakentumisessa, mutta se on vaikeaa (Jovanović & Campbell, 2022, s. 107) koska tekoäly oppii kaiken sille syötettävän tiedon (Pietikäinen & Silvén, 2019, s. 13). Tekoäly kykenee nyt myös huomattomasti manipuloimaan tietyn yksilön hyväksi (Valle-Cruz ja muut, 2023, s. 364), mikä ei ole ihanteellista pirullisten ongelmien ratkaisemisessa, koska jokainen tarkastelee tilannetta omasta arvomaailmastaan käsin (Conklin, 2006, s. 15; McCune ja muut, 2023, s. 1518; Rittel & Webber, 1973, s. 156). Tekoälyn oppiman materiaalin laadun ja algoritmien tulkittavuuden vahvistuminen (Morris ja muut, 2023, s. 56) estäisi esimerkiksi tätä manipuloinnin mahdollisuutta. Tällä hetkellä tekoäly ei kykene läpinäkyvään toimintaan, vaikka juuri sitä siltä ja sen kehittäjiltä pitäisi edellyttää (Jovanović & Campbell, 2022, s. 110), jotta se kykenee vastaamaan kompleksisuuden haasteisiin (Morris, 2023, s. 55).

Tekoälyllä on kielteisiä vaikutuksia ammatillisen osaamisen kehittymiseen koska se kaventaa mahdollisuutta nähdä laaja työprosessin kuva ja se vie mahdollisuuden harjoitella tai kokeilla asioita tietoisesti (Ardichvili, 2022, s. 85–86). Conklinin (2006, s. 20) mukaan pirullisen ongelman kohdalla olisi nimenomaan merkittävää onnistua suorittamaan kokeiluja ja luoda pilotteja. Pirullisen ongelman ratkaiseminen on jatkuvasti käynnissä ja tiivis osa sitä on oppimisprosessi, joka auttaa syventämään ymmärrystä ongelman sisällöstä ja ratkaisuvaihtoehdoista (Vartiainen ja muut, 2013, s. 27). Tekoäly vie mukanaan osan mahdollisuuksista oppia virheistä ja aiemmin tehdyistä valinnoista (Ardichvili, 2022, s. 86). Lisäksi tekoäly voi korvata tietojen keräämisen ja järjestämisen, mikä vähentää nuorten osaajien tarvetta, jolloin he eivät pääse kehittämään osaamistaan ja toistuvasti osallistumaan kompleksisiin ongelmanratkaisutehtäviin (Ardichvili, 2022, s. 86). Tämä estää syvällisen asiantuntemuksen kehittymisen koska mahdollisuuksia ei ole tarjolla (Ardichvili, 2022, s.

86–87). Jokaisella pirullisen ongelman ratkaisulla on pysyviä ja pitkäkestoisia tahattomiakin seuraamuksia (Rittel & Webber, 1973, s. 159; Weber & Khademian, 2008, s. 336) ja jokaisesta pirullisesta ongelmasta paljastuu jatkuvasti uutta tietoa (Conklin, 2006, s. 16–18), joten syvällinen osaaminen olisi välttämätöntä.

Kun tekoälyn työpanos nähdään hyödyllisenä ja päätöksien nähdään paranevan, ihmisistä tulee riippuvaisia automatisoiduista konealgoritmeista ja automaattisista tiedonhakijoista (Seeber ja muut, 2020, s. 7). Lisääntyneen tekoälyn hyödyntämisen ja mahdollisen riippuvuuden myötä kompleksisten työprosessien ymmärtäminen heikentyy, koska yhä useammat kompleksiset ongelmanratkaisutehtävät ulkoistetaan koneelle (Ardichvili, 2022, s. 86). Tao ja Xu (2023, s. 1) varoittavat generatiivisen tekoälyn muuttavan tapoja, joilla olemme vuorovaikutuksessa tiedon kanssa, miten kommunikoimme ja ratkaisemme pirullisia ongelmia.

6 Johtopäätökset

Tässä kappaleessa kerrataan tutkimuksen tavoitteet, kootaan tutkimuksen päätulokset ja arvioidaan niiden merkitystä ja käytettävyyttä, kuten Hirsjärvi ja muut (2015, s. 263–264) kuvaavat johtopäätösten keskeistä sisältöä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää voivatko generatiiviset tekoälysovellukset tukea pirullisten ongelmien käsittelyä. Tutkimuksen tavoitteena tutkimuskysymysten mukaisesti oli selvittää generatiivisen tekoälyn rooleja tukemassa pirullisten ongelmien käsittelyä ja millaisia haasteita sen käyttämiseen liittyy pirullisten ongelmien käsittelyssä.

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastauksia annettiin luvussa 5.1. Generatiivinen tekoäly pystyy toimimaan tietyin rajoituksin ihmisen avustajana pirullisten ongelmien ratkaisemisessa. Merkittävin apu, jota generatiivinen tekoäly pystyy tarjoamaan, on sen omaava valtava tietomäärä ja taito käsitellä tietoa ihmisen haluamalla tavalla. Generatiivisen tekoälyn apu esimerkiksi tiedon kokoamisessa vapauttaa ihmisen aikaa muihin vaativampiin tehtäviin – resursseja pirullisten ongelmien ratkaisemisessa ei voi olla koskaan liikaa. Pirullisiin ongelmiin ei osata löytää kaikkia mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja, mutta näiden vaihtoehtojen laajentamisessa generatiivinen tekoäly osaa auttaa luovan toimintansa ansiosta. Toisaalta generatiivinen tekoäly pystyy myös lisäämään ihmisen kykyjä, mikä mahdollistaa entistä laajemman ajattelun ja erilaisten näkemysten löytämisen pirullisten ongelmien kontekstissa. Joksimovic ja muut (2023, s. 10) herättävät ajattelemaan, että tekoäly voi täydentää ihmisen älykkyyttä tehokkaasti vasta kun molempien roolit pirullisen ongelman ratkaisemisessa on määritelty selkeästi, mikä laiminlyö vuorovaikutuksen emergenttiä luonnetta.

Luvussa 5.2. annettiin vastauksia toiseen tutkimuskysymykseen. Generatiivinen tekoäly ei sovi pirullisten ongelmien käsittelyyn, koska se vaatii asioiden osiin pilkkomista samalla kun pirullista ongelmaa tulee käsitellä kokonaisuutena ja nähdä miten yksityiskohdat vaikuttavat toisiinsa. Tekoälyllä on rajoituksensa, joten se pitää suunnitella jokaiseen tarkoitukseen erikseen (Holtel, 2016, s. 176). Voidaan esimerkiksi miettiä mitä tapahtuisi, jos ChatGPT hienoviritettäisiin sen yleisyyden sijasta tiettyyn tehtävään (Kocoń ja muut,

2023, s. 18), kuten jokaisen pirullisen ongelman ratkaisemiseen. Hienovirittämisen jälkeenkin generatiivisen tekoälyn haasteena suhteessa pirullisen ongelman ratkaisemiseen on sen erehtyväisyys ja ymmärtämättömyys todellisesta maailmasta. Se ei ymmärrä itsetietoisuuden puutteen vuoksi ulostulojensa seuraamuksia, joiden tarkastelu on keskeistä loputtomasti muuttuvan pirullisen ongelman syvällisen ymmärtämisen ja oppimisen kannalta (ks. Lundström ja Mäenpää, 2020, luku 2; ks. Rittel & Webber, 1973, s. 162). Lisäksi generatiivinen tekoäly tekee ratkaisusta oppimisen haastavaksi virheiden paikantamisen vaikeuden vuoksi, koska sen toteuttama tulkinta on hämärää ja vaikeaselkoista.

Alla tarkastellaan tulosten käytettävyyttä järjestelmällisesti Conklinin (2006) kuuden pirullisen ongelman piirteen kautta, koska ne ilmentävät teemoja, joita vaaditaan pirullisten ongelmien ratkaisemisessa. Jokaisen piirteen kohdalla nostetaan esille tutkimustuloksista löytyneitä ratkaisemisessa hyödyllisiä generatiivisen tekoälyn rooleja. Samalla asioita arvioidaan kriittisesti generatiivisen tekoälyn mukanaan tuomien haasteiden kautta, joita tutkimustuloksista nousi esille. Alla kuvattu tulosten käytettävyyden tarkastelu ja keskeisimmät johtopäätökset on tiivistetty taulukkoon 1 sivuille 77–78.

1. Conklinin (2006, s. 14) mukaan *pirullinen ongelma ei ole ymmärrettävissä ennen ratkaisuyritystä*, koska jokaisen ratkaisun myötä paljastuu uutta tietoa. Generatiivinen tekoäly pystyy tarjoamaan tukensa pirullisen ongelman määrittelyyn ja ratkaisuvaihtoehtojen etsimiseen tietopankin ja luovuuden lähteen roolien kautta ideoimalla sekä jäsentelemällä ja etsimällä tietoa. Toisaalta koska generatiivinen tekoäly on erehtyväinen, sen tarjoamat ratkaisuvaihtoehdot pirulliseen ongelmaan voivat vaikeuttaa tilannetta. Pirullisten ongelmien ratkaisemisessa erehtyminen kuitenkin sallitaan (Lindell ja muut, 2014, s. 95; Lundström & Mäenpää, 2020, luku 2; Roberts, 2000, s. 16), joten ehkä generatiivisen tekoälynkin erehtyminen pitäisi hyväksyä.
2. Koska *pirullinen ongelma on päättymätön* ja sen ratkaiseminen päättyy resurssien kuluessa loppuun (Conklin, 2006, s. 14), generatiivisen tekoälyn

roolit ajanvapauttajana ja tietopankkina pystyvät tukemaan prosessin etene- mistä. Toisaalta, koska generatiivinen tekoäly taipuu paremmin selkeän lopun omaavien kesyjien ongelmien ratkaisemiseen, sen hyödyt prosessin tukemi- sessä voidaan kyseenalaistaa.

3. *Ratkaisut pirullisiin ongelmiin eivät ole oikeita tai väärää vaan parempia tai huonompia* ja ratkaisujen tulkitsemiseen vaikuttavat vahvasti jokaisen subjek- tiivinen kokemus ja arvomaailma (Conklin, 2006, s. 15). Generatiivista teko- älyä voidaan hyödyntää parempien ja huonompien ratkaisujen etsimiseen ja arvioimiseen, koska sen roolit ihmisen avustajana ja kykyjen lisääjänä laajen- tavat vaihtoehtojen löytämistä ja auttavat arvioimaan niitä. On huomioitava, että generatiivisella tekoälyllä ei ole yhteyttä todelliseen maailmaan, joten sen kyky ymmärtää ratkaisujen todellisia seurauksia on erittäin rajallinen eikä se osaa huomioida ratkaisujen herättämiä tunteita.
4. *Jokainen pirullinen ongelma on uusi ja uniikki* (Conklin, 2006, s. 15) ja gene- ratiivinen tekoäly pystyy tukemaan jatkuvasti muuttuvien pirullisten ongel- mien ratkaisemista sen luovuuden lähteen roolin kautta. Myös laajasta tieto- pankista on hyötyä, koska se osaa yhdistellä erilaisia tietoja uudella tavalla, mikä voi tarjota oivalluksia. Toisaalta generatiivinen tekoäly toimii hyvin kesy- jen ongelmien kohdalla ja sen on vaikea toimia mittatilausta vaativien tehtä- vien kohdalla tarkasti, koska se vaatisi erityistä hienovirittämistä. Ongelmaksi muodostuu myös se, että generatiivisen tekoälyn tieto päivittyy liian hitaasti, joten uniikkien pirullisten ongelmien tavoittaminen on haastavaa.
5. *Pirullisen ongelman ratkaisu on aina kertaluontoinen* ja se aiheuttaa seuraa- muksia, joita ei osata ennustaa (Conklin, 2006, s. 15). Generatiivisen tekoälyn roolit ajanvapauttajana ja ihmisen kykyjen lisääjänä voivat tukea ihmistä tun- nistamaan ratkaisujen aiheuttamia seuraamuksia. Seuraamuksia on Conklinin (2006, s. 15) mukaan tärkeä tarkastella, koska ne opettavat pirullisesta

ongelmasta lisää. Toisaalta koska generatiivisella tekoälyllä ei ole yhteyttä todelliseen maailmaan, se ei välitä seurauksista. Lisäksi sen kyky toimia oppimisen tukena on kyseenalaista, koska sen toiminta on hämäävä ja vaikeaselkoista, joten ihmisen on vaikea ymmärtää sen päättelyketjuja. Ristiriitaisesti generatiivinen tekoäly kykenee lisäämään ihmisen kykyjä, mutta myös heikentämään ihmisen osaamista, jos sitä hyödynnetään siten, että ihmisen osallistuminen monitulkintaisten pirullisten ongelmien käsittelemiseen vähenee.

6. *Pirullisella ongelmalla on ennustamaton määrä ratkaisuvaihtoehtoja, joita tulee etsiä ja arvioida* (Conklin, 2006, s. 15). Generatiivisen tekoälyn roolit luovuuden lähteenä, tietopankkina, ihmisen avustajana ja kykyjen lisääjänä tukevat hyvin erilaisten ratkaisuvaihtoehtojen löytämisessä. Mutta koska se myös erehtyy, heikentää ihmisten osaamista ja toimii parhaiten kesyjen ongelmien kohdalla pilkkoen kokonaisuudet yksityiskohdiksi, sen hyöty ratkaisuvaihtoehtojen löytämisessä pirullisiin ongelmiin voidaan kyseenalaistaa.

Taulukko 1. Pirullisen ongelman ratkaisemiseen vaikuttavat generatiivisen tekoälyn roolit ja haasteet tarkasteltuna Conklinin (2006) kuuden pirullisen ongelman piirteen kautta.

Pirullisen ongelman piirre Conklinia (2006) mukaillen	Generatiivisen tekoälyn roolit tukemassa pirullisen ongelman ratkaisua	Generatiivisen tekoälyn haasteet pirullisen ongelman ratkaisemisessa
Ei ole ymmärrettävissä ennen ratkaisuyritystä, koska aina paljastuu uutta tietoa.	Roolit tietopankkina ja luovuuden lähteenä tukevat ongelman määrittelyä ratkaisuvaihtoehtojen ideoimisen kautta.	Erehtyväisyyden vuoksi se voi vaikeuttaa tilannetta huonompien ratkaisuvaihtoehtojen kautta.
Päättymätön	Roolit ajanvapauttajana ja tietopankkina ovat lisäresurssi.	Toimii selkeän lopun omaavissa kesyissä ongelmissa.
Ratkaisut ovat parempia tai huonompia jokaisen oman arvomaailman mukaan.	Roolit ihmisen kykyjen lisääjänä ja avustajana tukevat ratkaisujen etsimisessä ja arvioimisessa.	Ratkaisujen arvioiminen on vaikeaa eikä se huomioi niiden herättämiä tunteita, koska yhteys todelliseen maailmaan puuttuu.
Uusi ja uniikki	Roolit luovuuden lähteenä ja tietopankkina tukevat uniikkiuden huomioimista.	Toimii toistuvissa kesyissä ongelmissa paremmin, koska sen tieto päivittyy liian hitaasti tavoittaakseen uniikkiuden.

Pirullisen ongelman piirre Conklinia (2006) mukaillen	Generatiivisen tekoälyn roolit tu- kemassa pirullisen ongelman rat- kaisua	Generatiivisen tekoälyn haasteet pirullisen ongel- man ratkaisemisessa
Ratkaisu on kertaluon- toinen, joka aiheuttaa seuraamuksia.	Roolit ajanvapauttajana ja ihmi- sen kykyjen lisääjä auttavat tun- nistamaan seuraamuksia.	Yhteyden puute todelliseen maailmaan estää seuraamuk- sista välittämisen ja vaikea- selkoinen toiminta estää ih- misen oppimisen heikentäen osaamista.
Ennustamaton määrä ratkaisuvaihtoehtoja	Roolit luovuuden lähteenä, tietö- pankkina, ihmisen avustajana ja kykyjen lisääjänä auttavat etsi- mään ratkaisuvaihtoehtoja.	Erehtyväisyys, ihmisen osaa- misen heikentäminen ja ke- syissä ongelmassa toimimi- nen johtavat väärille urille ratkaisujen etsimisessä.

Tämän tutkimuksen tarjoama uudenlainen näkökulma yhteiskunnassa lisääntyvien pirullisten ongelmien ratkaisemiseen herätti ajattelemaan, että generatiivisella tekoälyllä on hyödyntämispotentiaalia myös tässä kontekstissa. Tatarinovin ja muiden (2023, s. 631) mukaan generatiivista tekoälyä käytetäänkin yhä useammin ratkaisemaan pirullisia ongelmia, jotka ovat paikallisesti juurtuneita, mutta edellyttävät globaaleja lähestymistapoja. Generatiiviselle tekoälylle asetetut tavoitteet ja odotukset ovat kovia, koska halutaan, että se osaisi automaattisesti koota yhteen kaiken oleellisen tiedon käsiteltävänä olevasta asiasta. Pirullisesta ongelmasta kaiken mahdollisen yhteen kokoaminen on mahdotonta, koska ratkaisuyritysten jälkeen paljastuu aina jotain uutta, joten generatiiviselta tekoälyltä ei tässä kontekstissa tarvitse vaatia täydellisyyttä. Morris ja muut (2023, s. 56) muistuttavatkin, että generatiivinen tekoäly ei ole kaikkietävä ja erehtymätön. Tämä voi aiheuttaa ongelmia tietyissä asiakonteksteissa.

Pirullisen ongelman kohdalla ei odoteta kaikkietävyyttä eikä erehtymättömyyttä, koska jokainen arvioi toteutettua ratkaisua omasta arvomaailmastaan käsin, minkä takia toisen mielestä voidaan olla erehtyneitä ja toisen mielestä on toteutettu paras mahdollinen ratkaisu. Tämä tukee generatiivisen tekoälyn soveltamisen mahdollisuuksia pirullisten ongelmien ratkaisemisessa. Generatiivisen tekoälyn arkkitehtuuria pitäisi vahvistaa siten, että se ei vaatisi kokonaisuuksien osiin pilkkomista, jotta se oppisi tukemaan paremmin kompleksisten ja monitulkintaisten pirullisten ongelmien ratkaisemista, jossa kaikki vaikuttavat kaikkeen.

Koska pirullisen ongelman ratkaiseminen aiheuttaa heijastevaikutuksia arvaamattoman kauas ja laajalle, ne ovat vaikuttavuudeltaan suuria. Valle-Cruzin ja muiden (2023, s. 359) mukaan päätöksiä vaativissa vaikuttavuudeltaan suurissa tilanteissa ihmisen on tehtävä lopullinen päätös, eikä sitä voida korvata älykkäillä algoritmeilla ja kognitiivisilla koneilla. Tekoälysovellukset eivät voi päihittää ihmistä, vaan jatkossakin tarvitaan ongelmien ulottuvuuksien prosessoimiseen ihmisiä. Tekoäly on ja tulee olemaan ihmisen avustaja erityisesti kompleksisissa päätöksentekotilanteissa (Jarrahi, 2018, s. 577). Voidaan pohtia, onko generatiivista tekoälyä edes tarpeellista saada toimimaan pirullisen ongelman ratkaisemisessa ihmisen kaltaisesti? On riittävää, että ihminen osaa ottaa siitä hyödyn irti yhteiskuntaa haastavien pirullisten ongelmien ratkaisemisessa. Tämän tutkimuksen tulokset tarjosivat vaihtoehtoja, miten ihminen voi hyödyntää generatiivista tekoälyä ja muistutti samalla sen käyttöön liittyvistä riskeistä ja haasteista.

7 Luotettavuus ja pohdinta

Tässä luvussa käsitellään tutkimuksen luotettavuutta nostaen esille tutkimuksen eri vaiheita tarkastellen niitä kriittisesti. Lopuksi pohditaan tutkimuksen tavoitteiden täyttymistä ja annetaan ehdotuksia jatkotutkimusaiheille.

7.1 Luotettavuus ja eettisyys

Tutkimuksen toteuttaminen on täynnä valintoja ja jokainen valinta on ongelmallinen, koska ne sulkevat ulkopuolelle jotain muuta (Hirsjärvi ja muut, 2015, s. 123). Tässäkin tutkimuksessa toisenlaiset valinnat olisivat johtaneet erilaiseen lopputulokseen. Tämä tutkimus toteutettiin kvalitatiivisena tutkimuksena ja menetelmäksi valittiin traditionaalinen kirjallisuuskatsaus, koska se tuki parhaiten tutkimuksen tarkoitusta, jossa tarkasteltavasta näkökulmasta ei ollut saatavilla runsaasti aikaisempaa tieteellistä tutkimusta. Menetelmän valintaa perusteltiin luvussa 4 ja etenkin luvussa 4.2. Valinta tehtiin tiedostaen, että systemaattista kirjallisuuskatsausta pidetään yleisesti parempana näyttöön perustuvana tutkimuksena kuin traditionaalista kirjallisuuskatsausta (Gregory & Denniss, 2018, s. 893). Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ei olisi tukenut tämän tutkimuksen tarkoitusta sen kapea-alaisuuden vuoksi (Greenhalgh ja muut, 2018, s. 2).

Tutkimusten luotettavuus vaihtelee tutkimusten välillä, joten sitä tulee arvioida jokaisessa tutkimuksessa (Hirsjärvi ja muut, 2015, s. 231). Yleisesti luotettavuutta arvioidaan reliabelius ja validius käsitteiden kautta (Aaltio & Puusa, 2020, luku 11). Reliabelius kuvaa tulosten toistettavuutta ja validius kuvaa tutkimuksen kykyä tutkia juuri sitä, mitä on tarkoitus tutkia (Hirsjärvi ja muut, 2015, s. 231). Näiden tarkastelu on luontevinta kvantitatiivisissa tutkimuksissa (Hirsjärvi ja muut, 2015, s. 232; Puusa & Julkunen, 2020, luku 12), mutta Aaltion ja Puusan (2020, luku 11) mielestä niitä voidaan soveltaa kvalitatiivisessakin tutkimuksessa, joten tämän tutkimuksen luotettavuutta tarkastellaan näiden käsitteiden kautta. Heidän mukaansa kvalitatiivisen tutkimuksen luotettavuuden tarkastelu ulottuu laajemmalle siirrettävyyden ja uskottavuuden teemoihin, joten myös

niitä tarkastellaan tässä luvussa. Siirrettävyyden ja uskottavuuden avulla voidaan erotella luotettava tieto epäluotettavasta tiedosta (Vilka, 2023, luku 1.1.2).

Tutkimuksen reliabiliutta voidaan mitata sillä, tavoitetaanko samat tutkimustulokset kahdella eri tutkimuskerralla, mikä on haastavaa toteuttaa kvalitatiivisessa tutkimuksessa (Aaltio & Puusa, 2020, luku 11; Hirsjärvi ja muut, 2015, s. 231; Puusa & Julkunen, 2020, luku 12). Tutkimuksessa tehdyt valinnat vaikuttavat sen reliabiliuteen ja Gregory ja Denniss (2018, s. 895) muistuttavat, että traditionaalisessa kirjallisuuskatsauksessa tulee olla kriittinen tehdyissä valinnoissa. Tämä mielessä pitäen tämän tutkimuksen jokainen vaihe toteutettiin. Kriittisesti toteutetuista valinnoista huolimatta tutkijan tekemä aktiivinen tulkinta tutkimuksen edetessä vaikutti tämän tutkimuksen lopputulokseen, josta Tuomi ja Sarajärvi (2002/2018, luku 4.6) muistuttavat.

Erityisesti abduktiivisesti toteutettu aineistoanalyysi edellytti aktiivista tulkintaa koska tarkoituksena oli luoda synteisiä pirullisen ongelman ja generatiivisen tekoälyn välille, jotka ovat toisistaan tieteellisesti erillään. Abduktiivisessa päättelyssä jokainen tutkija voi päätyä erilaiseen lopputulokseen tutkiessaan pirullisen ongelman ja generatiivisen tekoälyn välistä yhteyttä samasta näkökulmasta kuin tässä tutkimuksessa. Tämä heikentää tutkimuksen reliabiliutta. Toisaalta Aaltio ja Puusa (2020, luku 11) korostavat, että kahden eri tutkijan havaintojen kautta on mahdotonta odottaa täysin samanlaisten tulosten saavuttamista ihmistieteellisessä tutkimuksessa. Tässä tutkimuksessa toteutettu aktiivinen tulkinta aineistoanalyysissä vie tutkimusta kauemmas tieteellisesti ihannoidusta objektiivisuudesta tehden tutkimuksesta subjektiivisemmän (Puusa & Julkunen, 2020, luku 12). Toisaalta Puusa ja Julkunen (2020, luku 12) näkevät erilaisten tulkintojen hyödyt rikastuttamassa tutkimuksia eikä laadulliselta tutkimukselta odoteta ehdotonta objektiivisuutta.

Lisäksi reliabiliutta heikentävä tekijä tässä tutkimuksessa on se, että toisen tutkijan olisi haastavaa saada koottua tämän tutkimuksen kanssa tismalleen samanlainen aineisto kaan systemaattisuuden puutteen vuoksi (ks. Cook ja muut, 2000, s. 377; Green ja muut,

2006, s. 109). Systemaattisuus ei olisi johtanut tavoitteiden täyttymiseen kapean aineiston vuoksi. Tämän tutkimuksen aineistonkeruun muita heikkouksia on nostettu esille luvussa 4.3. Samassa luvussa kuvattiin aineistonkeruu mahdollisimman aukottomasti, jotta lukijalle jäisi mahdollisimman vähän epäselvyyksiä sen etenemisestä, mikä vahvistaa reliabeliutta. Toisen tutkijan kasaama erilainen aineisto johtaisi erilaisiin lopputuloksiin, vaikka tarkasteltava näkökulma olisi yhdenmukainen tämän tutkimuksen kanssa. Toisaalta Puusa (2020, luku 9) korostaa, että kaksi tutkijaa ei voi samaa aineistoa käyttäessään saavuttaa samanlaisia lopputuloksia. Perinpohjainen tutkittavan ilmiön kuvaaminen on Puusan ja Julkusen (2020, luku 12) mukaan oleellinen reliabeliutta vahvistaja tekijä ja siihen tässä tutkimuksessa pyrittiin vahvan teoreettisen viitekehyksen avulla. Kokonaisuudessaan tämän tutkimuksen reliabelius voidaan nähdä vajavaiseksi, mutta se ei ole kvalitatiivisen tutkimuksen luotettavuuden arvioinnin olennaisin kriteeri (Aaltio & Puusa, 2020, luku 11; Hirsjärvi ja muut, 2015, s. 231–232).

Kvalitatiivisen tutkimuksen validiutta arvioitaessa huomio tulee kiinnittää Aaltion ja Puusan (2020, luku 11) mukaan tutkimuksen kohteen eheyteen ja sen tulee onnistua tarkentamaan kohteen luonnetta nostamalla esiin ja lisäten ymmärrystä siitä. Tämän tutkimuksen validiutta tukee teoreettisen viitekehyksen kautta luodut monipuoliset ja laajasti tieteellisistä lähteistä kootut kokonaisuudet pirullisista ongelmista ja tekoälystä. Tässä hallintotieteellisen alan tutkimuksessa on menty tietoisesti hieman pintaa syvemmälle tekoälyn maailmaan ja historiaan, jotta hallintotieteellisen alan lukija saa tekoälystä riittävän syvällisen kuvan. Analyysin tulosten ja johtopäätösten kautta pirullisen ongelman ja generatiivisen tekoälyn välisen yhteyden kuvaaminen lisää ymmärrystä molemmista kohteista avaten niitä uudenlaisessa yhteydessä tukeutuen teoreettiseen viitekehykseen. Lisäksi validiutta vahvistaa tutkimuksen etenemisen kuvaamisen läpinäkyvyys (Aaltio & Puusa, 2020, luku 11; Hirsjärvi ja muut, 2015, s. 232; Vilka, 2023, luku 3.2.2), jota on vahvistettu jokaisessa tämän tutkimuksen vaiheessa. Läpinäkyvyyttä arvioidaan tarkemmin muissa tämän luvun kappaleissa.

Luotettavuutta vahvistavalla siirrettävyydellä tarkoitetaan tutkimustulosten saavuttamista myös toisessa tutkimusympäristössä, mikä edellyttää yksityiskohtaista raportointia tutkimuksen etenemisestä (Aaltio & Puusa, 2020, luku 11). Tässä traditionaalisessa kirjallisuuskatsauksessa ei ole syytä arvioida tutkimuksen toteutuksen siirtämistä toiseen tutkimusympäristöön. Toki jo se voidaan arvioida toiseksi tutkimusympäristöksi, kun toinen tutkija toteuttaa tämän saman tutkimuksen. Jotta hän voi onnistua siinä, tämän tutkimuksen eteneminen kuvattiin mahdollisimman yksityiskohtaisesti jokaisessa vaiheessa, mikä nostaa tutkimuksen luotettavuutta. Tutkijan päättelypolkujen täydellisen läpinäkyvä kuvaaminen etenkin analyysivaiheessa ja tulosten tulkinnessa on aina haastavaa ja niin oli myös tässä tutkimuksessa. Hyvän tieteellisen käytännön mukaisesti tässä tutkimuksessa kiinnitettiin huomiota tarkkaan aineistoanalyysin etenemisen kuvaamiseen luvussa 4.4, jotta lukijalle saatiin siitä mahdollisimman läpinäkyvä kuva tutkimuksen luotettavuuden vahvistamiseksi (ks. Hirsjärvi ja muut, 2015, s. 232). Haasteet läpinäkyvässä kuvaamisessa heikentäisivät Aaltion ja Puusan (2020, luku 11) mukaan tutkimuksen siirrettävyyttä ja luotettavuutta.

Tämän tutkimuksen todellinen uskottavuuden taso näyttäytyy vasta lukijoiden arvioiden kautta ja se heijastuu tutkimuksen luotettavuuteen (ks. Aaltio & Puusa, 2020, luku 11). Uskottava tutkimus tavoittelee lukijoiden vakuuttuneisuutta, että tutkimus on toteutettu asianmukaisesti ja tieteellisten ihanteiden mukaisesti, jolloin lukija voi uskoa tutkimustulokset tosiksi (Aaltio & Puusa, 2020, luku 11; Vilka, 2023, luku 1.1.2). Tämä tutkimus tavoitteli lukijan uskottavuuden ansaitsemista asianmukaisen ja tieteellisen ihanteen mukaisen toteutustavan kautta tiedostaen tutkijan subjektiivisuuden vaikutukset lopputulokseen. Tässä tutkimuksessa motivaatio tutkittavaan näkökulmaan ja esiyymmärrys tutkittavasta aiheesta vaikuttivat tuloksiin, mikä voi heijastua lukijoiden silmissä tutkimuksen uskottavuuden heikkenemiseen. Aaltio ja Puusa (2020, luku 11) korostavat, että tutkija ei voi koskaan täysin sulkea esiyymmärrystä pois mielestään eikä se aina ole tarkoituksenmukaistakaan.

Tutkimuksen uskottavuutta vahvistavat ansioitunut tutkimusmenetelmien käyttäminen ja onnistuneet perustelut niiden valinnasta (Juuti & Puusa, 2020c, luku V), joita tässä tutkimuksessa tavoiteltiin. Tutkimusmenetelmien valinta on perusteltu luvussa 4. Puusan ja Julkusen (2020, luku 12) mukaan laadukkaassa kvalitatiivisessa tutkimuksessa on keskeistä onnistua luomaan yhteensopivuus tutkimusaineiston, valitun analyysimenetelmän, luodun teoreettisen viitekehysten ja tulosten loogisuuden välille. Tässä tutkimuksessa tämä tavoitettiin toteuttamalla tutkimusmenetelmien valinnat tutkittavan ilmiön luonteen mukaisesti. Tässä tutkimuksessa kokonaisuus hiottiin yhteensopivaksi analyysin tulosten ja johtopäätösten avaamisen jälkeen palaamalla takaisin teoreettiseen viitekehukseen, josta karsittiin tulosten kannalta ylimääräistä tietoa pois.

Laadullisen tutkimuksen toteutuksessa tulee aina arvioida eettisyyttä jokaisessa vaiheessa ja sen merkitys korostuu tutkimuksessa, joka kohdistuu ihmisiin tai organisaatioihin (Puusa & Julkunen, 2020, luku 12). Tässä traditionaalisessa kirjallisuuskatsauksessa eettisyyden periaatteet kohdistuvat tiedonhankintaan, tutkimusmenetelmiin, rehellisyyteen, avoimuuteen, huolellisuuteen, tieteelliseen tunnustamiseen ja älylliseen vastuuseen (Holopainen ja muut, 2020, luku 16). Eettisyyden periaatteet huomioitiin tässä tutkimuksessa muun muassa välttämällä tulosten vääristelyä, noudattamalla ehdotonta tarkkuutta kaikissa tutkimuksen vaiheissa ja tarkastelemalla toteutettua tutkimusta kriittisesti päätäntäluvussa (Holopainen ja muut, 2020, luku 16). Erityistä huomiota tässä tutkimuksessa kiinnitettiin asiallisiin lähdeviittauksiin, lähdeluettelon laadintaan, kestävään tiedonhankintaan sekä älylliseen vastuuseen välttämällä turhaa muiden tutkijoiden kritisoimista (Hirsjärvi ja muut, 2015, s. 28, 349–351; Holopainen ja muut, 2020, luku 16). Näiden tärkeys korostuu tässä kirjallisuuskatsauksessa, joka on toteutettu hyvien eettisten periaatteiden mukaisesti.

7.2 Pohdinta ja jatkotutkimusaiheet

Tämä tutkimus herätti uudenlaisia ajatuksia pirullisten ongelmien ratkaisemiselle, koska sitä tarkasteltiin generatiivisen tekoälyn mahdollisuuksien ja rajoitusten näkökulmasta.

Tutkimuksen tarkoituksenmukaisesti tavoitteena oli muodostaa käsityksiä havaitusta tietoaudesta, mihin traditionaalinen kirjallisuuskatsaus menetelmänä sopii (Booth ja muut, 2022, s. 5–6). Tutkimuksessa tavoiteltiin pirullisten ongelmien ja generatiivisen tekoälyn mahdollisten yhtymäkohtien löytämistä (ks. Bangert-Drowns, 1995, s. 308). Tutkimuksessa onnistuttiin tutkimuksen näkökulmasta käsin liittämään yhteen kaksi toisistaan teollisesti erillään olevaa teemaa, mikä on traditionaalisen kirjallisuuskatsauksen tavoite (Baumeister & Leary, 1997, s. 312) ymmärryksen syventämisen ohella (Greenhalgh ja muut, 2018, s. 2).

Tutkimustulokset auttoivat ymmärtämään generatiivisen tekoälyn toimintaa, mikä helpottaa sen haltuunottoa sen vallatessa jatkuvasti lisää toimialaa. Generatiivisen tekoälyn toiminnan ymmärtäminen auttaa näkemään sen hyödyntämispotentiaalia laajemmin ja tämä tutkimus antoi vaihtoehtoja, miten sitä voi hyödyntää yhteiskunnassa esiintyvien pirullisten ongelmien käsittelyssä. Löytyneet generatiivisen tekoälyn roolit ovat hyödynnettävissä myös laajemmin muiden työtehtävien äärellä. Tutkimustulosten mukaisesti generatiivisen tekoälyn haasteet on pidettävä mielessä hyödynnettäessä sitä, eikä sen toimintaan tule luottaa sokeasti kompleksisten asioiden kohdalla.

Vaikka viimeisimmällä tekoälyn kehityksellä on potentiaalia integroida ihmisen ja tekoälyn välistä toimintaa (Seeber ja muut, 2020, s. 1), tekoälyn mahdollisuuksia tukea monitulkintaisten ongelmien ratkaisemisesta on tutkittava lisää (Joksimovic ja muut, 2023, s. 1). Tämän tutkimuksen tulokset olivat samansuuntaisia, koska tällä hetkellä se palvelee parhaiten kesyjien ongelmien ratkaisemisessa, mutta jo nyt on havaittavissa sen suorilla hyötyjä esimerkiksi luovana tiimin jäsenenä. Generatiivinen tekoäly kykenee myös välillisesti tukemaan pirullisten ongelmien ratkaisemisestä esimerkiksi ajanvapauttajana. Yhtenä jatkotutkimusaiheena voisi olla kartoittaa esimerkiksi eDelphin avulla mitä ajatuksia generatiivisen tekoälyn hyödyntäminen pirullisten ongelmien ratkaisemisessa herättää ja mitä siltä toivotaan. Toisena jatkotutkimusaiheena voisi olla sen kartoittaminen, miten generatiivista tekoälyä on hyödynnetty pirullisten ongelmien ratkaisemisessa. Kolmas

jatkotutkimusaihe voisi olla tekoälysovelluspilotin kehittäminen, jonka toimintaa testattaisiin pirullisen ongelman ratkaisemisen kontekstissa.

Jatkotutkimukset ovat tarpeen, koska tekoälyllä on haasteita pystyä ymmärtämään sulavasti kehittyvää keskustelua ja reagoida tunteisiin asianmukaisella tavalla (Joksimovic ja muut, 2023, s. 8). Tämä on keskeisin kehityskohde, jotta tekoälyn ja ihmisen välinen yhteistyö kehittyisi tukemaan paremmin pirullisten ongelmien ratkaisemista (Joksimovic ja muut, 2023, s. 8). Generatiivista tekoälyä ei tarvitse pelätä, vaan se kannattaa nähdä hyödyllisenä työkaluna arkipäiväisessä työskentelyssä tiedostaen sen riisit. Jokaista työkalua tulee opetella käyttämään oikein ja niin myös generatiivista tekoälyä. Haase ja Hanel (2023, s. 6) kehottavat välttämään näkemästä generatiivista tekoälyä kaikkivoivana työkaluna, joka korvaisi ihmisen suorituskyvyn. On hyvä muistaa, että generatiivinen tekoäly ei tule korvaamaan ihmistä (Holzmann ja muut, 2022, s. 445) varsinkaan haastavien pirullisten ongelmien ratkaisemisessa, vaikka se oppisi käsittelemään niitä suurina yhteenkietoutuneina vyyhteinä.

Lähteet

- Aaltio, I. & Puusa, A. (2020). Mitä laadullisen tutkimuksen arvioinnissa tulisi ottaa huomioon? Teoksessa A. Puusa & P. Juuti (toim.), *Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät* (luku 11). Gaudeamus.
- Abukmeil, M., Ferrari, S., Genovese, A., Piuri, V. & Scotti, F. (2021). A Survey of Unsupervised Generative Models for Exploratory Data Analysis and Representation Learning. *ACM Computing Surveys*, 54(5), 1–40. <https://doi.org/10.1145/3450963>
- Adami, C. (2021). A Brief History of Artificial Intelligence Research. *Artificial Life*, 27(2), 131–137. <https://doi.org/10.1162/artl.a.00349>
- *Ahmad, S., Khan, S., Jamil, F., Qayyum, F., Ali, A. & Kim, D. (2022). Design of a general complex problem-solving architecture based on task management and predictive optimization. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 18(6), 1–14. <https://doi.org/10.1177/15501329221107868>
- Alom, Z., Taha, T. M., Yakopcic, C., Westberg, S., Sidike, P., Nasrin, S., Hasan, M., Van Essen, B. C., Awwal, A. A. S. & Asari, V. K. (2019). A State-of-the-Art Survey on Deep Learning Theory and Architectures. *Electronics*, 8(3), 1–66. <https://doi.org/10.3390/electronics8030292>
- *Ardichvili, A. (2022). The Impact of Artificial Intelligence on Expertise Development: Implications for HRD. *Advances in Developing Human Resources*, 24(2), 78–98. <https://doi.org/10.1177/15234223221077304>
- Bangert-Drowns, R. L. (1995). Misunderstanding Meta-Analysis. *Evaluation & the Health Professions*, 18(3), 304–314. <https://doi.org/10.1177/016327879501800305>
- Bannink, D., Sancino, A. & Sorrentino, M. (2024). Governance without we. Wicked problems and collaborative governance. *Public Policy and Administration*, 0(0), 1–23. <https://doi.org/10.1177/09520767241239863>
- Baumeister, R. F. & Leary, M. R. (1997). Writing Narrative Literature Reviews. *Review of General Psychology*, 1(3), 311–320. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.1.3.311>
- Booth, A., Briscoe, S. & Wright, J. M. (2020). The “realist search”: A systematic scoping review of current practice and reporting. *Research Synthesis Methods*, 11(1), 14–35. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1386>

- Churchman, C. W. (1967). Wicked Problems. *Management Science*, 14(4), B141-142. <https://doi.org/10.1287/mnsc.14.4.B141>
- Conklin, J. (2006). *Dialogue mapping: Building shared understanding of wicked problems*. New York Wiley.
- Cook, D., Mulrow, C. & Haynes, B. (2000). Systematic Reviews: Synthesis of Best Evidence for Clinical Decisions. *Annals of Internal Medicine*, 126(5), 376–380. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-126-5-199703010-00006>
- Daviter, F. (2017). Coping, taming or solving: Alternative approaches to the governance of wicked problems. *Policy Studies*, 38(6), 571–588. <https://doi.org/10.1080/01442872.2017.1384543>
- Eichmann, B., Greiff, S., Naumann, J., Brandhuber, L. & Goldhammer, F. (2020). Exploring behavioural patterns during complex problem-solving. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(6), 933–956. <https://doi.org/10.1111/jcal.12451>
- Freeman, M. (1984). History, narrative, and life-span developmental knowledge. *Human development*, 27(1), 1–19. <https://doi.org/10.1159/000272899>
- Gell-Mann, M. (1995). What is complexity? Remarks on simplicity and complexity by the Nobel Prize-winning author of *The Quark and the Jaguar*. *Complexity*, 1(1), 16–19. <https://doi.org/10.1002/cplx.6130010105>
- Gell-Mann, M. (1996). Complexity at large. *Complexity*, 1(5), 3–5. <https://doi.org/10.1002/cplx.6130010502>
- Gell-Mann, M. (1995). What is complexity? Remarks on simplicity and complexity by the Nobel Prize-winning author of *The Quark and the Jaguar*. *Complexity*, 1(1), 16–19. <https://doi.org/10.1002/cplx.6130010105>
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A. & Bengio, Y. (2014). Generative Adversarial Nets. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 3(11), 1–9. <https://doi.org/10.1145/3422622>
- Green, B. N., Johnson, C. D. & Adams, A. (2006). Writing narrative literature reviews for peer-reviewed journals: Secrets of the trade. *Journal of Chiropractic Medicine*, 5(3), 101–117. [https://doi.org/10.1016/S0899-3467\(07\)60142-6](https://doi.org/10.1016/S0899-3467(07)60142-6)

- Greenhalgh, T., Thorne, S., & Malterud, K. (2018). Time to challenge the spurious hierarchy of systematic over narrative reviews? *European Journal of Clinical Investigation*, 48(6), 1–6. <https://doi.org/10.1111/eci.12931>
- Gregory, A. T. & Denniss, A. R. (2018). An Introduction to Writing Narrative and Systematic Reviews—Tasks, Tips and Traps for Aspiring Authors. *Heart, Lung and Circulation*, 27(7), 893–898. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2018.03.027>
- Grint, K. (2005). Problems, problems, problems: The social construction of "leadership". *Human Relations*, 58(11), 1467–1494. <https://doi.org/10.1177/0018726705061314>
- Gui, J., Sun, Z., Wen, Y., Tao, D. & Ye, J. (2023). A Review on Generative Adversarial Networks: Algorithms, Theory, and Applications. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 35(4), 3313–3332. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2021.3130191>
- *Haase, J. & Hanel, P. H. P. (2023). Artificial muses: Generative artificial intelligence chatbots have risen to human-level creativity. *Journal of Creativity*, 33(3), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.yjoc.2023.100066>
- Haenlein, M. & Kaplan, A. (2019). A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence. *California Management Review*, 61(4), 5–14. <https://doi.org/10.1177/0008125619864925>
- Hernández-Orallo, J. (2020). Twenty Years Beyond the Turing Test: Moving Beyond the Human Judges Too. *Minds and Machines*, 30(4), 533–562. <https://doi.org/10.1007/s11023-020-09549-0>
- Hiebl, M. R. W. (2023). Sample Selection in Systematic Literature Reviews of Management Research. *Organizational Research Methods*, 26(2), 229–261. <https://doi.org/10.1177/1094428120986851>
- Hinton, G., Osindero, S. & Teh, Y.-W. (2006). A fast learning algorithm for deep belief nets. *Neural Computation*, 18(7), 1527–1554. <https://doi.org/10.1162/neco.2006.18.7.1527>
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2015). *Tutki ja kirjoita* (20. painos). Tammi.

- Holopainen, A., Puusa, A. & Juuti, P. (2020). Grounded theory – Aineistolähtöinen tutkimustapa. Teoksessa A. Puusa & P. Juuti (toim.), *Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät* (luku 16). Gaudeamus.
- *Holtel, S. (2016). Artificial Intelligence Creates a Wicked Problem for the Enterprise. *Procedia Computer Science*, 99, 171–180. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.109>
- *Holzmann, V., Zitter, D. & Peshkess, S. (2022). The Expectations of Project Managers from Artificial Intelligence: A Delphi Study. *Project Management Journal*, 53(5), 438–455. <https://doi.org/10.1177/87569728211061779>
- Hong, Y., Hwang, U., Yoo, J. & Yoon, S. (2020). How Generative Adversarial Networks and Their Variants Work: An Overview. *ACM Computing Surveys*, 52(1), 1–43. <https://doi.org/10.1145/3301282>
- Cook, D., Mulrow, C. & Haynes, B. (2000). Systematic Reviews: Synthesis of Best Evidence for Clinical Decisions. *Annals of Internal Medicine*, 126(5), 376–380. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-126-5-199703010-00006>
- Janiesch, C., Zschech, P. & Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning. *Electronic Markets*, 31(3), 685–695. <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00475-2>
- *Jarrahi, M. H. (2018). Artificial intelligence and the future of work: Human-AI symbiosis in organizational decision making. *Business Horizons*, 61(4), 577–586. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.03.007>
- *Jarrahi, M. H. (2019). In the age of the smart artificial intelligence: AI's dual capacities for automating and informing work. *Business Information Review*, 36(4), 178–187. <https://doi.org/10.1177/0266382119883999>
- *Joksimovic, S., Ifenthaler, D., Marrone, R., de Laat, M. & Siemens, G. (2023). Opportunities of artificial intelligence for supporting complex problem-solving: Findings from a scoping review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100138>
- Jovanović, M. & Campbell, M. (2022). Generative Artificial Intelligence: Trends and Prospects. *Computer*, 55(10), 107–112. <https://doi.org/10.1109/MC.2022.3192720>

- Juuti, P. & Puusa, A. (2020a). Johdanto – Mitä laadullisella tutkimuksella tarkoitetaan? Teoksessa A. Puusa & P. Juuti (toim.), *Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät* (Johdanto). Gaudeamus.
- Juuti, P. & Puusa, A. (2020b). Laadullisen tutkimuksen aineiston hankintamenetelmiä. Teoksessa A. Puusa & P. Juuti (toim.), *Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät* (luku III). Gaudeamus.
- Juuti, P. & Puusa, A. (2020c). Laadullisen tutkimuksen luotettavuus. Teoksessa A. Puusa & P. Juuti (toim.), *Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät* (luku V). Gaudeamus.
- *Kocoń, J., Cichecki, I., Kaszyca, O., Kochanek, M., Szydło, D., Baran, J., Bielaniewicz, J., Gruza, M., Janz, A., Kanclerz, K., Kocoń, A., Koptyra, B., Mieszczenko-Kowszewicz, W., Miłkowski, P., Oleksy, M., Piasecki, M., Radliński, Ł., Wojtasik, K., Woźniak, S. & Kazienko, P. (2023). ChatGPT: Jack of all trades, master of none. *Information Fusion*, 99, 1–37. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2023.101861>
- *Kokina, J. & Davenport, T. (2017). The Emergence of Artificial Intelligence: How Automation is Changing Auditing. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 14(1), 115–122. <https://doi.org/10.2308/jeta-51730>
- Krizhevsky, A., Sutskever, I. & Hinton, G. E. (2012). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 25(2), 1–9. <https://doi.org/10.1145/3065386>
- *Laat, M. de, Joksimovic, S. & Ifenthaler, D. (2020). Artificial intelligence, real-time feedback and workplace learning analytics to support in situ complex problem-solving: A commentary. *International Journal of Information and Learning Technology*, 37(5), 267–277. <https://doi.org/10.1108/IJILT-03-2020-0026>
- LeCun, Y., Bengio, Y. & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521, 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Lehto, K. (2014). Johdanto: pirullisista ongelmista hyvään hallintoon. Teoksessa K. Lehto (toim.), *Pirullisista ongelmista hyvään hallintoon* (s. 1–7). Vaasan yliopisto.
- Lindell, J. (2017). *Muutosjohtajuuden pirallinen puoli* [väitöskirja, Vaasan yliopisto]. Osuva. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-476-745-3>

- Lindell, J., Ollila, S. & Vartiainen, P. (2014). Kompleksisuuden johtaminen. Teoksessa K. Lehto (toim.), *Pirullisista ongelmista hyvään hallintoon* (s. 86–100). Vaasan yliopisto.
- Lundström, N. & Mäenpää, A. (2020). Pirullisia ongelmia ja pirullisia pelejä - kuka pelaa ja millaista peliä? Teoksessa P. Vartiainen & H. Raisio (toim.), *Johtaminen kompleksisessa maailmassa – viisautta pirullisten ongelmien kohtaamiseen* (s. 37–69). Gaudeamus Oy.
- Mackenzie, A., Pidd, M., Rooksby, J., Sommerville, I., Warren, I. & Westcombe, M. (2006). Wisdom, decision support and paradigms of decision making. *European Journal of Operational Research*, 170(1), 156–171. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.07.041>
- Mazurova, E. (2022). *Paradoxes Associated with the introduction of AI-Powered Electronic Systems – A Case Study from Competitive Artistic Gymnastics* [väitöskirja, Aalto yliopisto]. Aaltodoc. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-64-0908-5>
- McCarthy, J. (1959). *Programs with common sense*. Stanford University. Noudettu 28.9.2023 osoitteesta <http://www-formal.stanford.edu/jmc/mcc59.pdf>
- McCarthy, J. (2007). From here to human-level AI. *Artificial Intelligence*, 171(18), 1174–1182. <https://doi.org/10.1016/j.artint.2007.10.009>
- McCune, V., Tauritz, R., Boyd, S., Cross, A., Higgins, P. & Scoles, J. (2023). Teaching wicked problems in higher education: Ways of thinking and practising. *Teaching in Higher Education*, 28(7), 1518–1533. <https://doi.org/10.1080/13562517.2021.1911986>
- Molnár, G. & Greiff, S. (2023). Understanding transitions in complex problem-solving: Why we succeed and where we fail. *Thinking Skills and Creativity*, 50, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101408>
- *Morris, M. X., Song, E. Y., Rajesh, A., Asaad, M. & Phillips, B. T. (2023). Ethical, Legal, and Financial Considerations of Artificial Intelligence in Surgery. *The American Surgeon*, 89(1), 55–60. <https://doi.org/10.1177/00031348221117042>

- Murphy, R. J. A. & Jones, P. (2021). Towards Systemic Theories of Change: High-Leverage Strategies for Managing Wicked Problems: *Design Management Journal*. *Design Management Journal*, 16(1), 49–65. <https://doi.org/10.1111/dmj.12068>
- Oermann, E. K. & Kondziolka, D. (2023). On Chatbots and Generative Artificial Intelligence. *Neurosurgery*, 92(4), 665–666. <https://doi.org/10.1227/neu.0000000000002415>
- *Pavlik, J. (2023). Collaborating With ChatGPT: Considering the Implications of Generative Artificial Intelligence for Journalism and Media Education. *Journalism & Mass Communication Educator*, 78(1), 84–93. <https://doi.org/10.1177/10776958221149577>
- *Pettersen, L. (2019). Why Artificial Intelligence Will Not Outsmart Complex Knowledge Work. *Work, Employment and Society*, 33(6), 1058–1067. <https://doi.org/10.1177/0950017018817489>
- Pietikäinen, M. & Silvén, Olli. (2019). *Tekoälyn haasteet: Koneoppimisesta ja konenäöstä tunnetekoälyyn*. Oulun yliopisto. <http://urn.fi/urn:isbn:9789526224824>
- Pietikäinen, M. & Silvén, O. (2023). *Miten tekoäly vaikuttaa elämäämme 2050-luvulla?* Oulun yliopisto. <https://urn.fi/URN:ISBN:9789526236865>
- Pretorius, C. (2017). Exploring Procedural Decision Support Systems for Wicked Problem Resolution. *South African Computer Journal*, 29(1), 191–219. <https://doi.org/10.18489/sacj.v29i1.448>
- Puusa, A. (2020). Näkökulmia laadullisen aineiston analysointiin. Teoksessa A. Puusa & P. Juuti (toim.), *Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät* (luku 9). Gaudeamus.
- Puusa, A. & Julkunen, S. (2020). Uskottavuuden arviointi laadullisessa tutkimuksessa. Teoksessa A. Puusa & P. Juuti (toim.), *Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät* (luku 12). Gaudeamus.
- Rittel, H. & Webber, M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2), 155–169. <https://doi.org/10.1007/BF01405730>

- Roberts, N. (2000). Wicked problems and network approaches to resolution. *International public management review*, 1(1), 1–19. Noudettu 13.11.2023 osoitteesta <https://ipmr.net/index.php/ipmr/article/view/175>
- Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, 65(6), 386–408. <https://doi.org/10.1037/h0042519>
- Salminen, A. (2011). *Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin*. Vaasan yliopisto. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-476-349-3>
- *Seeber, I., Bittner, E., Briggs, R. O., de Vreede, T., de Vreede, G.-J., Elkins, A., Maier, R., Merz, A. B., Oeste-Reiß, S., Randrup, N., Schwabe, G. & Söllner, M. (2020). Machines as teammates: A research agenda on AI in team collaboration. *Information & Management*, 57(2), 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.im.2019.103174>
- *Tao, R. & Xu, J. (2023). Mapping with ChatGPT. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(7), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ijgi12070284>
- Tatarinov, K., Ambos, T. C. & Tschang, F. T. (2023). Scaling digital solutions for wicked problems: Ecosystem versatility. *Journal of International Business Studies*, 54(4), 631–656. <https://doi.org/10.1057/s41267-022-00526-6>
- Tieteen termipankki. (2023). *Tekoäly*. Noudettu 21.9.2023 osoitteesta <https://termipankki.fi/tepa/fi/haku/teko%C3%A4ly>
- Tieteen termipankki. (2024). *Kompleksisuus*. Noudettu 19.4.2024 osoitteesta <https://www.tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:kompleksisuus>
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2002/2018). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Tammi.
- Tuominen, H. (2019). Tekoälyn perusteita. Teoksessa P. Neittaanmäki, H. Tuominen, S. Äyrämö, P. Vähäkainu & T. Siukonen (toim.), *Tekoäly ja terveydenhuolto Suomessa* (s. 11–26). Jyväskylän yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-7709-2>
- Turing, A. M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, 59(236), 433–460. Noudettu 8.1.2024 osoitteesta <https://www.jstor.org/stable/2251299>
- *Valle-Cruz, D., García-Contreras, R. & Gil-García, J. R. (2023). Exploring the negative impacts of artificial intelligence in government: The dark side of intelligent

- algorithms and cognitive machines. *International Review of Administrative Sciences*, 90(2), 353–368. <https://doi.org/10.1177/00208523231187051>
- Vartiainen, P, Ollila S., Raisio H. & Lindell J. (2013). *Johtajana kaaoksen reunalla – Kuinka selviytyä pirullisista ongelmista*. Gaudeamus.
- Vilkka, H. (2023). *Kirjallisuuskatsaus metodina, opinnäytetyön osana ja tekstilajina*. Art House.
- Virkkala, S., Lundström, N. & Katajamäki, H. (2014). Aluekehittäminen ja pirulliset ongelmat. Teoksessa K. Lehto (toim.), *Pirullisista ongelmista hyvään hallintoon* (s. 122–140). Vaasan yliopisto.
- Weaver, D., Moyle, B., McLennan, C.-L. & Casali, L. (2023). Taming the wicked problem of climate change with “virtuous challenges”: An integrated management heuristic. *Journal of Environmental Management*, 347, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119136>
- Weber, E. & Khademan, A. (2008). Wicked Problems, Knowledge Challenges, and Collaborative Capacity Builders in Network Settings. *Public Administration Review*, 68(2), 334–349. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2007.00866.x>
- Wu, T., He, S., Liu, J., Sun, S., Liu, K., Han, Q.-L. & Tang, Y. (2023). A Brief Overview of ChatGPT: The History, Status Quo and Potential Future Development. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 10(5), 1122–1136. <https://doi.org/10.1109/JAS.2023.123618>
- Yuxiang, T., Chaonan, W., Jingying, L. & Ye, Y. (2020). Research on Frontier Issues of New Generation Artificial Intelligence. *2020 IEEE 3rd International Conference on Electronic Information and Communication Technology*, 721–724. <https://doi.org/10.1109/ICEICT51264.2020.9334257>
- Zhang, B., Zhu, J. & Su, H. (2023). Toward the third generation artificial intelligence. *Science China Information Sciences*, 66(2), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11432-021-3449-x>